

THESIS

MÜNICH

1966

Aus der Pädiatrischen Poliklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. G. Weber

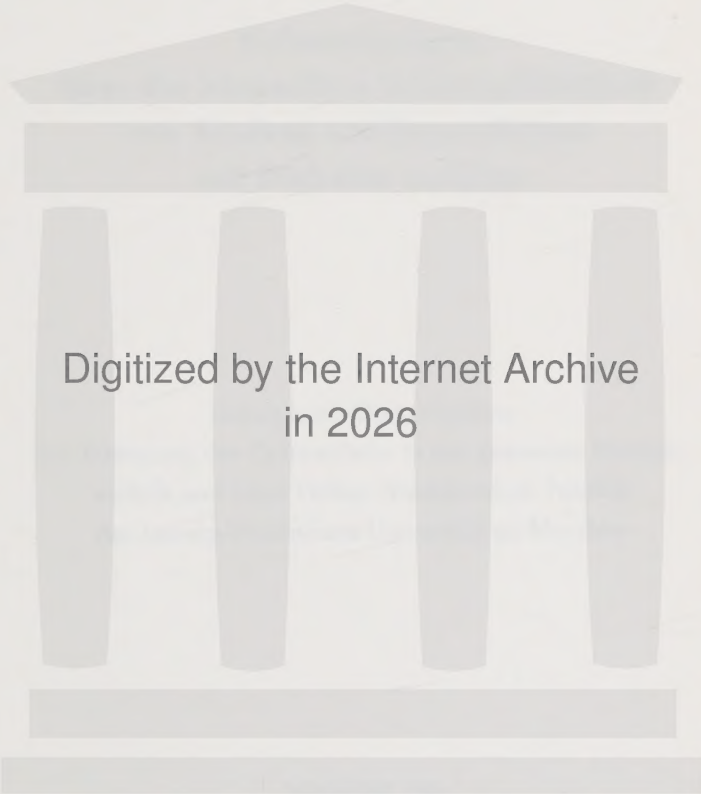
**Untersuchungen
über die körperliche Leistungsfähigkeit
von Kindern und Jugendlichen
mit Diabetes mellitus**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Josef Bauer
aus Neuburg / Donau

München 1966

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Pädiatrischen Poliklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. G. Weber

**Untersuchungen
über die körperliche Leistungsfähigkeit
von Kindern und Jugendlichen
mit Diabetes mellitus**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Josef Bauer
aus Neuburg / Donau

München 1966

Berichterstatter : Prof.Dr. G. Weber

Dekan : Prof.Dr. R. Zenker

Tag der mündl.Prüfung: 12. Juli 1966

Meiner Mutter in Dankbarkeit gewidmet

Inhalt

	Seite
Einleitung	1
I. Der Einfluss körperlicher Betätigung auf den Stoffwechsel und die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher in der Literatur..	3
II. Eigene Untersuchungen	10
1. Methodik	10
a) Untersuchungsgut	10
b) Meßanordnungen	10
c) Versuchsanordnung	11
aa) Berechnung des Leistungspulsindexes	12
bb) Errechnung der "physical working capacity" (PWC ₁₇₀)	13
cc) Klinische Untersuchungen	13
d) Bildung einer Vergleichsgruppe gesunder Kinder...	14
e) Angewandte statistische Methoden	15
f) Beurteilung der Stoffwechselführung	16
g) Beurteilung der körperlichen Aktivität	17
2. Ergebnisse	18
a) Die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder unter Berücksichtigung des Lebensalters und der körperlichen Entwicklung	18
b) Körperliche Leistungsfähigkeit und Diabetesdauer	35
c) Der Einfluss des Manifestationsalters auf die körperliche Leistungsfähigkeit beim Diabetes mellitus	38
d) Stoffwechselführung und körperliche Leistungsfähigkeit beim diabetischen Kind	45
e) Der Einfluss des Ausmaßes der täglichen körperlichen Aktivität auf das Leistungsverhalten diabetischer Kinder und Jugendlicher	47
f) Der Einfluss der Ferienlager auf die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher	48
III. Diskussion der Ergebnisse	50
Zusammenfassung	54
Literatur	56

Einleitung

Bei der Betreuung diabetischer Kinder spielt die Regelung der körperlichen Aktivität neben der medikamentösen Behandlung und der diätetischen Versorgung eine entscheidende Rolle. Dies beruht einerseits darauf, daß jede körperliche Aktivität den Blutzuckerspiegel beeinflusst und darum das Ausmaß der täglichen Muskelarbeit bei der medikamentösen und diätetischen Behandlung von diabetischen Kindern in Rechnung gestellt werden muß; andererseits gleichen manche diabetische Spätschäden, wie Gefäßkomplikationen, außerordentlich denjenigen Veränderungen am Herz-Kreislaufsystem "Gesunder", wie sie nach langdauerndem Aktivitäts- und Trainingsverlust beobachtet wurden (STERKY (27,28)).

Da bei allen chronischen Erkrankungen im Kindesalter von Seiten der Eltern die Tendenz besteht, die körperliche Aktivität der Kinder einzuschränken, um sie zu schonen, stellt sich die Frage, ob erst die Kombination von diabetischer Stoffwechsellage und Einschränkung der körperlichen Aktivität zu jenem für den Diabetes mellitus typischen vorzeitigen Auftreten von Gefäßkomplikationen führt, wie wir sie sonst erst in späteren Lebensaltern erwarten. Eine Beantwortung dieser Frage ist nicht leicht und nur auf dem Wege einer Längsschnittuntersuchung möglich. Solange dieses Problem aber nicht gelöst ist, wird man sich überlegen müssen, ob es gerechtfertigt sein kann, die körperliche Aktivität diabetischer Kinder einzuschränken, oder ob man sie zu einem geregelten körperlichen Training erziehen sollte.

Eine solche Entscheidung setzt neben manchem anderen eine möglichst genaue Kenntnis über die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder voraus. Dies ist in Deutschland z.Zt. umso notwendiger, als der überwiegende Teil der diabetischen Kinder normale Schulen besucht und man weder von den Lehrern noch von den behandelnden Ärzten im allgemeinen genügend Erfahrung in der Beurteilung des Leistungsverhaltens von Kindern erwarten darf, um sicher zu gehen, daß diese an Diabetes mellitus leidenden Kinder am normalen Schulsport teilnehmen können, ohne dass die Gefahr einer Überforderung bestünde. Aus der Tatsache dieser Unsicherheit

erklärt sich daher, dass mit zunehmendem Lebensalter vor allem Mädchen in wachsender Häufigkeit vom regelmässigen Schulsport befreit werden (STERKY (27,28)).

Um einen Überblick über die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher zu gewinnen, soll darum im folgenden nach einem kurzen Einblick in die Literatur zur Frage der körperlichen Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher auf Grund eigener Untersuchungen Stellung genommen werden.

I. Der Einfluss körperlicher Betätigung auf den Stoffwechsel und die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher in der Literatur

Das Problem der körperlichen Betätigung wurde im Zusammenhang mit dem klinischen Diabetes lange Zeit lediglich unter dem Aspekt einer möglichen Beeinflussung der diabetischen Stoffwechsellage gesehen. So ist es seit langem bekannt, dass bei Kindern, die an Diabetes mellitus leiden, in Perioden mit gesteigerter körperlichen Tätigkeit eine Reduzierung der Insulindosis (z.B. HANDELSMANN, LOUGHLIN und FRIEDMAN (10); JACKSON und KELLY (11); JOSLIN, ROOT, WHITE und MARBLE (12); LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16); ROSENKRANZ (22) sowie STRUWE (29,30))bzw. eine Erhöhung der Kalorienzufuhr (z.B. CONSTAM, HOCHSTRASSER und ROSENBUSCH (6)) vorgenommen werden kann, ohne dass man die Kontrolle über die diabetische Stoffwechselstörung verliert.

Die Ursache dieser stoffwechselperbessernden Wirkung der Muskularbeit ist bis heute nicht geklärt (LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16); STERKY (27, 28); STRUWE (29, 30)). Bekannt ist lediglich, dass jede körperliche Leistung eine wachsende Glukoseeverwertung hervorruft, die beim insulinbehandelten Diabetiker zu hypoglykämischen Reaktionen führen kann (z.B. JACKSON und KELLY (11); LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16)). Als Ursache dieses Mechanismus wurde von BÜRGER und KRAMER (5) die bei der Arbeit auftretende Mehrdurchblutung der Kapillaren angenommen, während DULIN und CLARK (8) die bessere Glukose-Utilisation während körperlicher Arbeit auf eine lokale Hypoxie im arbeitenden Muskel zurückgeführt wissen wollen.

Obschon somit die Ursache der stoffwechselperbessernden Wirkung körperlicher Arbeit bis heute nicht klar ist, hat man sich in den letzten Jahren in zunehmendem Maße mit den Auswirkungen körperlicher Betätigung auf die diabetische Stoffwechsellage von Kindern und Jugendlichen beschäftigt. Diese Untersuchungen gingen zumeist von Beobachtungen in Ferienlagern für diabetische Kinder aus, wie sie in den USA seit 1930 und in Europa seit 1952 durchgeführt werden.

So fanden KRAINICK, STRUWE und QUINTENZ (14) bei 193 Jungen und 197 Mädchen im Alter zwischen 8 und 18 Jahren, die sie in insgesamt 11 Ferienlagern betreuten, eine mehr oder weniger ausgeprägte Steigerung der Kohlenhydrat-Toleranz, die sie vornehmlich auf die gesteigerte Muskeltätigkeit zurückführten. Bei den Jungen, welche einen grösseren Bewegungsdrang aufwiesen, war nämlich die Toleranzsteigerung deutlich grösser als bei den Mädchen.

Neben diesem geschlechtsspezifischen Unterschied glaubten die Autoren als weiteren Faktor für die Toleranzverbesserung die Art der körperlichen Tätigkeit ansehen zu müssen. So beobachteten sie an Tagen mit gleichmässiger disziplinerter Dauerbelastung im Durchschnitt eine geringere Toleranzsteigerung als an Tagen, in denen unregelmässig in den Tagesablauf eingestreut kurzzeitige grössere körperliche Leistungen verlangt wurden. Aus diesem Grunde ging man in späteren Ferienlagern dazu über, den Tagesplan bewußt auf einen intensiven Sport-, Spiel- und Wanderbetrieb auszurichten, wobei grössere Belastungen mit Wanderungen bis zu 20 km nicht ausgeschlossen wurden. Bei einer derartigen Regelung des Tagesablaufes konnten bedeutende Toleranzverbesserungen erzielt werden, wobei als Maßstab für Veränderungen der Kohlenhydratbilanz die Verschiebung des Insulin-Glukose-Äquivalents gewählt wurde.

Dieses Insulin-Glukose-Äquivalent besserte sich wiederum bei den Jungen schneller als bei den Mädchen, und es kam, vor allem in der zweiten Lagerwoche, häufig sogar zur Gefahr nächtlicher Schockzustände. Diese deutliche Steigerung der Kohlenhydrat-Toleranz zeigte sich insgesamt darin, dass während des Ferienlagers bei der überwiegenden Zahl der Kinder bei gleichbleibenden Insulindosen grössere Kohlenhydratgaben als gewohnt notwendig waren, um den Stoffwechsel der Kinder ausgeglichen zu halten.

Um diesen mehr allgemeinen Eindruck einer Besserung der Kohlenhydrattoleranz durch körperliche Betätigung diabetischer Kinder etwas genauer aufzuschlüsseln, analysierte STRUWE ^(29, 30, 31); die Beziehungen zwischen dem Ausmaß der Toleranzverbesserung und dem Grad der körperlichen Betätigung bei

41 Mädchen im Alter zwischen 7 und 19 Jahren. Dabei zeigte sich, dass nur 1 Mädchen während des Ferienlagers, bei welchem die körperliche Betätigung vornehmlich in Wandern, Freiluftspielen und Schwimmen bestand, keine Toleranzverbesserung aufwies, und dieses Mädchen war nur mit Mühe zu körperlicher Tätigkeit zu bewegen gewesen. Wenn STRUWE (^{29,30}₃₁) sein Untersuchungsgut in zwei annähernd gleichgroße Altersgruppen von 7 - 13 bzw. 14 - 19 Jahren aufgliederte, so fand sich bei der Gruppe der jüngeren Mädchen eine relativ stärkere Toleranzverbesserung als bei der Gruppe der älteren Mädchen. Gliederte er schliesslich sein Untersuchungsgut auf Grund von Verhaltensbeobachtungen nach dem Grad der durchschnittlichen körperlichen Aktivität auf, dann zeigte sich die Gruppe mit grösserer motorischer Aktivität den antriebs- und bewegungsarmen Mädchen hinsichtlich ihrer Kohlenhydrattoleranz weit überlegen.

So wertvoll solche auf klinischen Beobachtungen in Ferienlagern beruhenden Feststellungen für die Erkenntnis des Wertes körperlicher Betätigung beim kindlichen Diabetes waren, so konnten genaue Kenntnisse über die Auswirkungen körperlicher Arbeit auf kindliche Diabetiker erst über ergometrische Studien gewonnen werden. Hier haben bereits JACKSON und KELLY (11) bei 7 stationär und 10 ambulant betreuten diabetischen Kindern und Jugendlichen im Alter von 3 - 22 Jahren gezeigt, dass der Blutzucker sowohl nach einstündiger körperlicher Arbeit verschiedener Art und Schwere als auch nach kurzzeitigen sportlichen Höchstleistungen abfiel, selbst wenn man die zeitliche Folge von Mahlzeiten und Insulingaben berücksichtigte.

Ebenso konnten LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) bei 22 heranwachsenden diabetischen Mädchen während einer länger dauernden Trainingsperiode nachweisen, dass der Blutzucker regelmässig während eines Arbeitsversuches abnahm, und dass eine enge Korrelation zwischen der Blutzuckerabnahme und den zu Beginn der Trainingsperiode bestehenden Blutzuckerwerten bestand.

Während in den bis jetzt beschriebenen Studien die körperliche Betätigung diabetischer Kinder mehr unter dem Aspekt einer Verbesserung ihrer Stoffwechsellage betrachtet wurde, haben sich in neuerer Zeit einzelne Autoren mit den Auswirkungen körperlichen Trainings auf die Entwicklung der Leistungsfähigkeit befasst. Wohl hatte man auch in den Ferienlagern für diabetische Kinder bereits den Eindruck gewonnen, dass die dort übliche Betätigung die Leistungsfähigkeit der Kinder verbesserte, doch war ein schlüssiger Beweis zu dieser Frage nur über experimentelle ergometrische Versuche möglich.

Aus diesem Grunde verglichen erstmalig LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) die Auswirkungen eines Trainings am Fahrradergometer bei 22 heranwachsenden diabetischen Mädchen und 27 gesunden Vergleichspersonen. Dabei zeigte sich, dass die körperliche Leistungsfähigkeit von Diabetikern durch das Trainingsprogramm in gleicher Weise verbessert wurde wie bei den gesunden Mädchen. Eine genaue Analyse dieses Befundes führten LARSSON, PERSSON, STERKY und THORÉN (15) durch. Sie studierten bei 6 Jungen und 6 gesunden Vergleichspersonen im Alter zwischen 15 und 19 Jahren den Einfluss verschiedener Trainingsperioden auf die körperliche Leistungsfähigkeit und den Stoffwechsel. Dabei verfolgten sie die Entwicklung des röntgenologisch bestimmten Herzvolumens, die sog. "physical working capacity" (PWC_{170}) und die "maximale O_2 -Aufnahmefähigkeit" während eines 5-monatigen intensiven Trainings mit maximalen Belastungen von 15 min. Dauer und im Anschluß an ein dreistündiges Ski-Rennen, das an 3 aufeinanderfolgenden Tagen wiederholt wurde.

Auf Grund ihrer Studien stellten die Autoren fest, dass der Wirkungsgrad bei diabetischen Jugendlichen und Gesunden keinen Unterschied aufweist; ausserdem verbesserte sich die PWC_{170} und die maximale O_2 -Aufnahmefähigkeit bei Gesunden und Kranken in gleicher Weise. Dasselbe galt für das Herzvolumen, welches in beiden Gruppen ohne signifikanten Unterschied zunahm.

Auf Grund dieser Untersuchungen stellten darum LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) fest, dass der diabetischen Stoffwechselstörung kein spezifischer Einfluss auf die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter zukommen kann.

Trotz dieser Feststellung ist es eine allgemeine bekannte Tatsache, dass diabetische Kinder im Wachstum und in ihrer körperlichen Entwicklung meist hinter ihren gesunden Altersgenossen zurückbleiben (z.B. GÜNTHER und PAUL (9); LEUPOLD (17)). Entsprechend dieser Vermutung stellten darum auch LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) fest, dass diabetische Mädchen im Durchschnitt eine niedrigere Leistungsfähigkeit aufwiesen als ihre gesunden Altersgenossinnen. Allerdings war diese Differenz erst jenseits des 15. Lebensjahres statistisch signifikant. Bemerkenswerterweise war das Verhältnis zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit, geprüft als PWC₁₇₀, und den Vergleichsgrößen Körpergewicht und Herzvolumen gleich, was darauf schliessen läßt, dass die beobachtete Minderung der körperlichen Leistungsfähigkeit wesentlich durch die Wachstums-minderung mitverursacht sein muß.

Während LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) ihre Beobachtungen über die körperliche Leistungsfähigkeit von diabetischen Kindern nur an einer kleinen Personengruppe durchführen konnten, führte STERKY derartige Untersuchungen an 129 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 7 und 20 Jahren durch. Eine gleichgroße Vergleichsgruppe aus Gesunden wurde nach dem Prinzip des "sozialen Zwillings" gebildet. Die Kinder und Jugendlichen hatten wenigstens bei 2 Belastungsstufen am Fahrradergometer zu arbeiten, welche so gewählt waren, dass die 1. Stufe eine Pulsfrequenz von etwa 130/min. hervorrief und die 2. eine Pulsfrequenz von 150-170/min. erzeugte. Hinsichtlich ihrer körperlichen Entwicklung erwiesen sich die diabetischen Heranwachsenden in allen Altersgruppen als etwas kleiner. Das Körpergewicht war jedoch nur bei den diabetischen Jungen und bei den Mädchen bis zur Praepubertät geringer als bei den Gesunden. Ab dem 11. Lebensjahr war das Körpergewicht der diabetischen Mädchen konstant grösser als das der Gesunden.

Da die körperliche Leistungsfähigkeit im Jugendalter dem Körpergewicht direkt proportional ist (ÅSTRAND (3); RUTENFRANZ (23)), konnten wegen dieser Gewichtsunterschiede keine direkten Vergleiche zwischen diabetischen und nicht-diabetischen Kindern durchgeführt werden. Aus diesem Grunde errechnete STERKY (28) die Pulsfrequenz für eine theoretische Belastung von

10 mkp/kg Körpergewicht/min. Auf Grund dieser Berechnungen zeigte sich, dass die diabetischen Kinder bei relativ gleichen Leistungen am Fahrradergometer bis zum 14. Lebensjahr keine systematischen Unterschiede hinsichtlich ihrer Pulsfrequenz aufwiesen. Jenseits dieses Zeitpunktes fanden sich jedoch in allen Altersstufen in zunehmendem Maße bei den diabetischen Kindern höhere Pulsfrequenzen als bei den Gesunden, was für eine zunehmende relative Verminderung der körperlichen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter bei den Diabetikern spricht.

Da nach den vorher zitierten Untersuchungen von LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) sowie von LARSSON, PERSSON, STERKY und THORÉN (15) eine spezifische schlechtere Trainierbarkeit der Diabetiker ausgeschlossen ist, lag die Vermutung nahe, dass der von STERKY beobachtete Abfall der körperlichen Leistungsfähigkeit im späteren Jugendalter durch einen Trainingsverlust infolge mangelnder körperlicher Betätigung verursacht wurde. Dies ließ sich in der Tat als wahrscheinlichste Erklärung aufweisen. STERKY (28) konnte nämlich zeigen, dass von den gesunden Kindern in allen Altersstufen 90-100% am Schulsport teilnahmen, während diese Werte bei diabetischen Kindern höchstens bis zum 12. Lebensjahr zu beobachten waren. Im Alter von 17-20 Jahren war die Teilnahme am Schulsport bei beiden Geschlechtern sogar bis auf 50 % und darunter abgesunken.

Auf Grund der in der Literatur vorliegenden Befunde zeigt sich somit, dass körperliche Betätigung einen günstigen Einfluss auf den Stoffwechsel der Diabetiker ausübt. Gleichzeitig führt jedes körperliche Training auch beim Diabetiker zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Dass trotzdem die körperliche Leistungsfähigkeit der Diabetiker mit zunehmendem Lebensalter abnimmt, hat seine Ursache darin, dass die Gelegenheit zur Verbesserung der Stoffwechsellaage und zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch ein regelmässiges körperliches Training von vielen Diabetikern nicht ausgenutzt wird.

Da wir selbst Gelegenheit hatten, die körperliche Leistungsfähigkeit bei einer Gruppe diabetischer männlicher Jugendlicher zu beobachten, die seit längerer Zeit durch die Teilnahme

an Ferienlagern zu einer regelmässigen körperlichen Betätigung erzogen waren, soll auf Grund dieser Untersuchungen erneut zur Frage der körperlichen Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder Stellung genommen werden.

II. Eigene Untersuchungen

1. Methodik

a) Untersuchungsgut: Unsere Untersuchungen wurden an insgesamt 110 Jungen im Alter von 8 - 18 Jahren durchgeführt, die seit 1 - 15 Jahren an einem Diabetes mellitus erkrankt waren. Bei dem größten Teil unserer Probanden handelte es sich um Teilnehmer an den Sommerferienlagern des Deutschen Diabetikerbundes, die im Jahre 1963 und 1964 unter der Leitung von Herrn Dr. HERZIG* in Hinrichsegen (Obb.) durchgeführt wurden. So konnten von uns in diesen Lagern im Jahre 1963 insgesamt 74 Jungen untersucht werden, während im Jahre 1964 32 Jungen an den Untersuchungen teilnahmen. Diese diabetischen Kinder und Jugendlichen kamen aus allen Gegenden Westdeutschlands, einzelne auch aus Österreich.

Die restlichen Jungen waren Diabetiker, die in der Diabetiker-Ambulanz der Medizinischen Poliklinik der Universität München (Leiter: Priv.Do. Dr. H. MEHNERT*) und der Diabetiker-Ambulanz des Kinderkrankenhauses München-Schwabing (Leiter: Dr.A. SCHAETZ*) betreut wurden. Eine Auswahl der Teilnehmer nach bestimmten Gesichtspunkten erfolgte nicht. Aus technischen Gründen konnten von uns lediglich nur solche Kinder nicht in die Untersuchung mit einbezogen werden, deren Körperlänge geringer als 130 cm war.

Die von uns untersuchten kindlichen Patienten standen zum größten Teil noch in der Schulausbildung;¹⁰³ besuchten die Volksschule oder weiterführende Schulen, 7 Jugendliche waren erwerbstätig.

b) Meßanordnungen: Zur Messung der geleisteten Arbeit benutzten wir das Fahrradergometer nach E.A. MÜLLER (20). Bei diesem mit Wirbelstrom gebremsten

* Herrn Priv.Do. Dr. H. MEHNERT, Herrn Dr. W. HERZIG und Herrn Dr. A. SCHAETZ bin ich für die freundliche Unterstützung meiner Untersuchungen zu besonderem Dank verpflichtet.

Ergometer kann man die verlangte Leistung konstant oder kontinuierlich steigend vorgeben. Wir liessen in unseren Versuchen die Leistung um 60 mkp/min. in jeder Minute kontinuierlich ansteigen. Die Tretgeschwindigkeit lag bei 60 Pedalumdrehungen pro Minute und wurde durch einen optischen Schrittmacher vorgegeben und kontrolliert. Mit Hilfe dieses optischen Schrittmachers erlernten es auch jüngere Kinder relativ schnell, die vorgeschriebene Tretgeschwindigkeit konstant zu halten.

Die Messung der Pulsfrequenz erfolgte mit einem photoelektrischen Pulszähler nach MÜLLER und HIMMELMANN (21). Dieses Gerät basiert auf dem von MATTHES (18) angegebenen Prinzip der photoelektrischen Pulszählung, verwendet aber statt der Finger-Photozelle eine Ohr-Photozelle. Die nur wenige Gramm wiegende und am Ohr der Kinder leicht zu befestigende Meßeinheit bestand aus einem Cystoskoplämpchen und einer gegenüberstehenden federnd gehaltenen Silicium-Photozelle. Bei jedem Pulsschlag trat eine optische Verdichtung des Ohrläppchens auf, die eine Widerstandsschwankung hervorrief, welche über eine Meßbrücke einem Verstärker zugeführt und von da auf ein automatisches Zählwerk gegeben wurde. Dieses Zählwerk druckte in Minutenabständen die Zahl der registrierten Pulse.

c) Versuchsanordnung: Bei allen von uns untersuchten Kindern bestimmten wir sowohl den Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz (Leistungspulsindex (LPI)) nach E.A. MÜLLER (20) als auch die "physical working capacity" (PWC_{170}) nach WAHLUND (32) in der von RUTENFRANZ (23) vorgeschlagenen Weise in einem einzigen Arbeitsversuch. Der Leistungspulsindex bezeichnet den durchschnittlichen Anstieg der Pulsfrequenz je Zunahme der Leistung um 1 mkp $\text{sec}^{-1}/\text{min}$. Darum ist die körperliche Leistungsfähigkeit umso besser, je kleiner dieser Wert ist (MÜLLER (20)). Die PWC_{170} bezeichnet diejenige Leistung in mkp/min., bei der eine Pulsfrequenz von 170/min. erreicht wird. Aus diesem Grunde ist die Leistungsfähigkeit nach diesem Verfahren umso grösser, je grösser die erreichte Belastung ist (WAHLUND (32)). Im Einzelnen gingen wir folgendermaßen vor:

Die Kinder und Jugendlichen saßen, nachdem sie mit dem Gerät vertraut gemacht worden waren und sie sich von der Ungefähr-

lichkeit der Untersuchungsmethode überzeugt hatten, nach Anschluß der Meßeinheiten einige Minuten lang ruhig auf dem Fahrradergometer.

Danach führten die Kinder 4 Minuten lang Leerbewegungen der Pedale aus, um ein gewisses "warming up" zu erreichen, was einer Leistung von etwa 0,5 mkp/sec entsprach. Danach wurde die Leistung automatisch, von 1 mkp/sec ausgehend, kontinuierlich um 60 mkp min^{-1} je Minute gesteigert, bis eine Pulsfrequenz nahe an 170/min. erreicht war oder bis die Kinder die Arbeit nicht mehr weiter ausführen konnten.

Aus den auf diese Weise gewonnenen Werten berechneten wir den LPI und die PWC_{170} auf folgende Weise:

aa) Berechnung des Leistungspulsindexes: Da der LPI den Regressionskoeffizienten b zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz darstellt, errechnet er sich über die Gleichung:

$$b_{\text{LPI}} = \frac{\sum [(y - \bar{y}) \cdot (x - \bar{x})]}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

Hierin bedeuten: y die Pulsdifferenzen, x die Belastungsstufen in mkp/sec.

In der Praxis wurde die Berechnung des Leistungspulsindexes aus Gründen der Vereinfachung in Anlehnung an RUTENFRANZ (23) nach folgendem Rechenverfahren durchgeführt, das an einem Beispiel erläutert sei:

Leistung in mkp/sec				Pulsfrequenz/Min.			Bildung der Produktsomme ($x_b - x_a$) · ($y_b - y_a$)
x_a	x_b	$x_b - x_a$	$(x_b - x_a)^2$	y_a	y_b	$y_b - y_a$	
1	10	9	81	100	138	38	342
2	9	7	49	104	133	29	203
3	8	5	25	109	129	20	100
4	7	3	9	114	125	11	33
5	6	1	1	118	121	3	3
$\Sigma 165$							$\Sigma 681$

Wie in der Tabelle aufgeführt, trägt man zunächst die am Ende jeder Minute erreichte Leistung in mkp/sec bis zur 5. Minute in absteigender (x_a) und danach in aufsteigender Reihenfolge unter der Rubrik x_a bzw. x_b auf. In gleicher Weise verfährt man mit den für diese Belastungsstufen ermittelten Pulsfrequenzen unter der Rubrik y_a bzw. y_b . Daraufhin bildet man die Differenzen $x_b - x_a$ bzw. $y_b - y_a$ und multipliziert die entsprechenden Differenzen miteinander. Die hieraus zu berechnende Produktensumme dividiert man durch die Summe der Quadrate $(x_b - x_a)^2$ entsprechend der Formel

$$b = \frac{\sum [(x_b - x_a) \cdot (y_b - y_a)]}{\sum (x_b - x_a)^2} = \frac{681}{165} = 4,13$$

Dieser Quotient stellt den Regressionskoeffizienten bzw. den Leistungspulsindex dar.

bb) Errechnung der "physical working capacity" (PWC_{170}): Die "physical working capacity" wurde aus dem Leistungspulsindex b und der Anfangspulsfrequenz nach der von RUTENFRANZ (23) entwickelten Gleichung:

$$PWC_{170} = L_a + K \left(\frac{170 - F_a}{b} \right)$$

errechnet. Hierin bedeuten: L_a die Leistung in mkp min⁻¹ bei der Ausgangspulsfrequenz F_a , 170 die Grenzspulsfrequenz, welche als Kriterium der Leistungsfähigkeit dient, und K den Umrechnungsfaktor vom Wert 60 für die Umwandlung von mkp sec⁻¹ in mkp min⁻¹.

Setzt man die Werte aus dem vorangestellten Beispiel für die Berechnung des Leistungspulsindex in obige Gleichung ein, dann errechnet sich die "physical working capacity" zu:

$$\begin{aligned} PWC_{170} &= 60 + 60 \left(\frac{170-100}{4,13} \right) \\ PWC_{170} &= 1074 \text{ mkp/min.} \end{aligned}$$

cc) Klinische Untersuchungen: Vor dem Arbeitsversuch wurde jeder Patient einer sorgfältigen klinischen Untersuchung unterzogen. Ausserdem wurde von allen Körperlänge und Körpergewicht bestimmt. Besonderer Wert wurde auf die Erfragung der täglichen

körperlichen Aktivität gelegt; ausserdem interessierten wir uns für die Frage der Schulturnbefreiung bei den diabetischen Kindern.

Zur Stoffwechselkontrolle wurde bei den Teilnehmern der Ferienlager täglich die Zuckerausscheidung in einem 24-Stunden-Urin bestimmt. Blutzuckerkontrollen erfolgten wenigstens 1 mal wöchentlich in Form von Tagesprofilen. Überschritt die Harnzuckerausscheidung den Wert von 30 g/die, so wurde auch eine Azetonbestimmung im Harn durchgeführt.

d) Bildung einer Vergleichsgruppe gesunder Kinder: Um die körperliche Leistungsfähigkeit der diabetischen Kinder und Jugendlichen mit der Leistungsfähigkeit gesunder Kinder vergleichen zu können, war die Bildung einer Vergleichsgruppe notwendig. Zu diesem Zwecke griffen wir auf Untersuchungen von MOCELLIN (19) zurück. Dieser hat auf Grund der Untersuchungen von RUTENFRANZ (23); RUTENFRANZ, HOCKE, HOCKE und HOFMANN-KEILHACKER (25) sowie RUTENFRANZ und HETTINGER (24) ein Vergleichskollektiv für das 8.-18. Lebensjahr gebildet, das 435 Jungen umfaßt. Für dieses Kollektiv wurden als Altersnormwerte die von RUTENFRANZ (23) für Jungen angegebenen Mittelwerte und Streuungen von LPI und PWC₁₇₀ in unseren Vergleichsuntersuchungen benutzt. Prozentuale Abweichungen der Leistungsfähigkeit von der Altersnorm, wie sie im folgenden wiedergegeben werden, sind auf diese Werte bezogen.

Ausserdem wurde bei jedem Kind die körperliche Leistungsfähigkeit auf Körperlängen-, Gewichts- und Oberflächeneinheiten bezogen. Dabei wurden LPI und PWC₁₇₀ der diabetischen Kinder unter Berücksichtigung ihrer Körperlängen und ihres Körpergewichtes mit den Normwerten für beide Meßgrößen verglichen, wie sie von MOCELLIN (19) aus den Angaben von RUTENFRANZ (23) für Körperlängen und Körpergewichtseinheiten berechnet wurden. Für den Vergleich der auf die Körperoberfläche bezogenen körperlichen Leistungsfähigkeit bedienten wir uns eines von ADAMS, LINDE und MIYAKE (1) sowie DUFFIE und ADAMS (7) angegebenen Verfahrens, das von MOCELLIN auf Grund der Untersuchungen von RUTENFRANZ für deutsche Verhältnisse standardisiert wurde. Hier wurde der Vergleich der körperlichen Leistungsfähigkeit

unter Berücksichtigung der Körperoberfläche für beide Gruppen so durchgeführt, dass die Werte diabetischer Kinder und Jugendlicher in ein Koordinatensystem eingetragen wurden, in welchem die Regression zwischen Körperoberfläche und Leistungsfähigkeit für die gesunden Vergleichskinder nebst der Streuung um die Regressionslinie eingetragen und in Perzentile unterteilt war.

e) Angewandte statistische Methoden (BROWNEE (4) ; KOLLER (13)):
Die arithmetischen Mittelwerte wurden nach der Formel:

$$AM = \frac{\sum x}{n}$$

berechnet. Die Streuungen (σ) nach der Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

oder nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren errechnet.

Der Regressionskoeffizient b wurde bei der Regression von y auf x nach der Formel:

$$b = \frac{\sum [(x-\bar{x}) \cdot (y-\bar{y})]}{\sum (x-\bar{x})^2}$$

ermittelt.

Die Berechnung von Maßkorrelationen erfolgte nach der Formel:

$$r = \frac{\sum [(x-\bar{x}) \cdot (y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Zur Prüfung von Unterschieden wurden folgende statistische Prüffunktionen benutzt: Um zu prüfen, ob 2 Mittelwerte der gleichen Grundgesamtheit entstammen könnten, bedienten wir uns der t-Funktion gemäss der Formel:

$$t = \sqrt{\frac{M_1 - M_2}{\sigma_1^2 \frac{1}{n_2} + \frac{\sigma_2^2}{n_1}}}$$

Um festzustellen, ob Korrelationskoeffizienten sich von einer mit 0 angenommenen Korrelation signifikant unterscheiden, wandten wir die t-Funktion in der Form:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

an.

Unterschiede zwischen Korrelationskoeffizienten wurden nach Umwandlung über die z-Transformation gemäss der von KOLLER (13) angegebenen Tabellen geprüft.

Für die Signifikanzbezeichnung von Unterschieden haben wir im Text folgende Stufen der prozentualen Wahrscheinlichkeit gewählt:

$p < 0,1\%$	Unterschied	=	sehr signifikant**
$p < 1\%$	"	=	signifikant*
$p < 5\%$	"	=	wahrscheinlich signifikant ()*
$p > 5\%$	"	=	nicht signifikant ().

Nur bei der Prüfung von Korrelationsunterschieden über die z-Transformation bezeichnet die Signifikanz eines Unterschiedes eine prozentuale Wahrscheinlichkeit von $< 0,27\%$.

f) Beurteilung der Stoffwechselführung: Von besonderer Bedeutung für die Allgemeinentwicklung des heranwachsenden Diabetikers ist die Stoffwechselführung. Darunter verstehen wir die Genauigkeit, mit welcher der Diabetiker bemüht ist, durch Diät, Insulingaben und Regelung des Tagesablaufes zu einer möglichst günstigen Stoffwechsellage zu kommen. Es stand nun zu vermuten, dass die Stoffwechselführung einen Einfluss auf die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit hätte haben können. Obschon wir uns darüber im klaren sind, dass hier eigentlich nur langfristige Beobachtungen entscheidende Auskünfte geben können, haben wir versucht, eine Unterteilung der Heranwachsenden bezüglich ihrer Stoffwechselführung nach folgenden Gesichtspunkten vorzunehmen.

Als Kriterien einer guten Stoffwechselführung wurde eine Urinzuckerausscheidung von 30 g/24 Stunden bei Blutzuckerwerten unter 240 mg% angesetzt.

Als eine noch ausreichende Stoffwechselführung bezeichneten wir Zustände, bei denen der Urinzucker wiederholt über 30 g/24 Stunden und der Blutzucker häufig über 240 mg% lag.

Unter einer schlechten Stoffwechselführung wurden Situationen verstanden, bei denen der Urinzucker fast immer über 30 g/24 Stunden und die Blutzuckerwerte in der Mehrzahl über 240 mg% lagen.

g) Beurteilung der körperlichen Aktivität: Die Bedeutung der körperlichen Aktivität für die Stoffwechselführung des Diabetikers wurde bereits eingangs ausführlich dargestellt. In unserem Zusammenhang ist dabei zu beachten, dass die von uns untersuchten Diabetiker zum großen Teil ein im positiven Sinne ausgewähltes Kollektiv darstellen, da erfahrungsgemäß nur solche Kinder und Jugendliche an Ferienlagern teilnehmen, die überhaupt ein Interesse an Spiel und Sport haben.

Wir haben darum als Kriterien für das Ausmaß der körperlichen Betätigung zwei Angaben verwertet:

1. die Teilnahme am Schulsport,
2. die sportliche Betätigung ausserhalb der Schulzeit.

Da praktisch keiner der von uns untersuchten Heranwachsenden vom Schulsport befreit war, kam dem zweiten Gesichtspunkt größere Bedeutung zu. Wir machten darum folgende Unterscheidungen:

Als Probanden mit v i e l körperlicher Aktivität bezeichneten wir Heranwachsende, die in ihrer Freizeit mehrere Sportarten betrieben und davon wenigstens eine regelmässig in einem Sport- oder Turnverein.

Als ein m i t t l e r e s Ausmaß körperlicher Aktivität bezeichneten wir eine Situation, in welcher der Diabetiker die Spiele und den Sport seiner gleichaltrigen Freunde mitmacht, ohne einem Sportverein anzugehören.

Betrieb ein Proband nur gelegentlich Sport und bevorzugte er Spiele ohne körperliche Betätigung, z.B. Brett- oder Kartenspiele, so wurde dies als ein Zustand mit w e n i g körperlicher Aktivität bezeichnet.

Als Kinder mit "k e i n e r" körperlichen Aktivität wurden schliesslich Diabetiker bezeichnet, die keinen Sport treiben, am liebsten zu Hause sitzen und deren Lieblingsbeschäftigung meistens das Lesen war. Solche Situationen ergaben sich meistens nur dann, wenn die Kinder von ihren Eltern darin unterstützt wurden, keinen Sport zu treiben. Aus den oben dargelegten Gründen war diese Gruppe unter unseren Kindern natürlich nur sehr klein.

2. Ergebnisse

a) Die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder unter Berücksichtigung des Lebensalters und der körperlichen Entwicklung

In den Abb. 1 und 2 wurde die Beziehung der körperlichen Leistungsfähigkeit der von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen in Abhängigkeit vom Lebensalter dargestellt. Hierzu wurde für jedes Kind das Ergebnis beider Leistungsproben in Prozent der von RUTENFRANZ (23) angegebenen Altersnorm umgerechnet. In der Abb. 1 ist weiter durch zwei Leitlinien der Bereich ± 20 % der Altersnorm markiert, in welchem für beide Meßverfahren die Grenzen der Altersnorm liegen (MÜLLER, 20 ; RUTENFRANZ, 23).

Im einzelnen findet sich in der Abb. 1 das Verhältnis zwischen Leistungspulsindex und Lebensalter verzeichnet. Nach den Untersuchungen von MÜLLER (20), RUTENFRANZ (23) sowie RUTENFRANZ und HOCKE (26) beurteilt man mit diesem Verfahren vornehmlich die Dauerleistungsfähigkeit, also jenen Teilbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit, welcher für die beruflichen und schulischen Tätigkeiten der Heranwachsenden von besonderer Bedeutung ist.

Unter Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes läßt die Abb. 1 erkennen, dass die von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen nur zum Teil über eine altersentsprechende Dauerleistungsfähigkeit verfügten. Obwohl die Werte der Leistungsprüfung bei etwa $3/4$ der untersuchten diabetischen Kinder im Bereich von ± 20 % der Altersnorm (= 100 %) lagen, wurde dieser Bereich von 16 Kindern und Jugendlichen u n t e r - und von 12 Kindern ü b e r schritten. Dabei fällt auf, dass die ü b e r schreitungen der Altersnorm nur ausnahmsweise über den Bereich von + 40 % hinausgingen, während U n t e r - schreitungen der Altersnorm bis zu 60 % vorkamen.

Interessant ist ferner, dass in dieser Abweichung von der Altersnorm in bezug auf die Dauerleistungsfähigkeit eine deutliche altersabhängige Tendenz erkennbar ist. So wurde

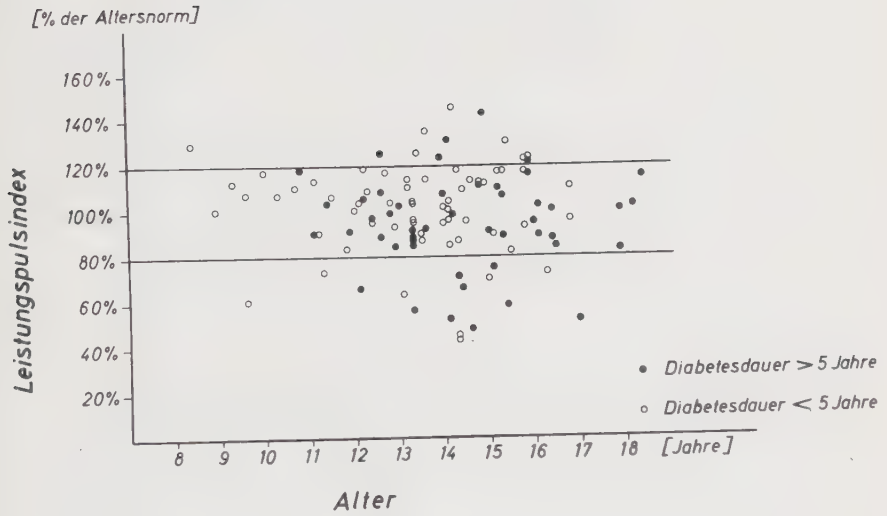


Abb. 1: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI)
bezogen auf Altersnorm bei 110 Jungen
mit Diabetes mellitus

die Altersnorm nur bei 3 der von uns untersuchten Kinder bis zum 12. Lebensjahr und nie mehr als um 40 % unterschritten. Größere Herabsetzungen der Dauerleistungsfähigkeit finden sich erst jenseits dieses Lebensalters.

Läßt man den Wert eines Jungen unberücksichtigt, der im Alter von 9,5 Jahren eine Minderung seiner Dauerleistungsfähigkeit um 40 % aufwies, dann kann man vom 11. - 15. Lebensjahr durch die in jeder Altersgruppe vorkommenden Extremwerte der verminderten Dauerleistungsfähigkeit eine Gerade legen, was anzudeuten scheint, dass vom 11.-15. Lebensjahr bei einer bestimmten Gruppe der von uns untersuchten Diabetiker ein zunehmender Verfall ihrer Dauerleistungsfähigkeit unter Berücksichtigung der Altersnorm stattfand. Ob dieser Prozess mit dem 15.-16. Lebensjahr als abgeschlossen betrachtet werden kann, läßt sich auf Grund unserer Untersuchungen nicht entscheiden, da wir nur noch einzelne Diabetiker jenseits dieser Altersgruppe untersuchen konnten.

Für die Abb. 2 wurden die Ergebnisse der zweiten von uns benutzten Leistungsprüfung in entsprechender Weise behandelt. Auch hier wurden wieder die Ergebnisse der Leistungsprüfung prozentual auf die Altersnorm bezogen. Dabei zeigt sich gegenüber den Verhältnissen der Abb. 1 jedoch ein verändertes Bild. So fällt zunächst auf, dass sich hier keine altersabhängige Tendenz zur Verschlechterung der körperlichen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Lebensalter nachweisen läßt. Man findet nämlich im 15. Lebensjahr gleichzeitig den besten und den schlechtesten Wert der Leistungsfähigkeit unseres Untersuchungsgutes, während im übrigen unabhängig vom Lebensalter eine breite bandförmige Streuung der Meßwerte im Bereich von ± 40 % der Altersnorm vorliegt. Diese Streuung ist somit breiter als bei Gesunden, läßt aber keine altersabhängigen Tendenzen erkennen.

Diese unterschiedliche Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder bei Berücksichtigung der Altersnorm über die Beurteilung durch den Leistungspulsindex bzw. die "physical working capacity" (PWC_{170}) erklärt sich daraus,

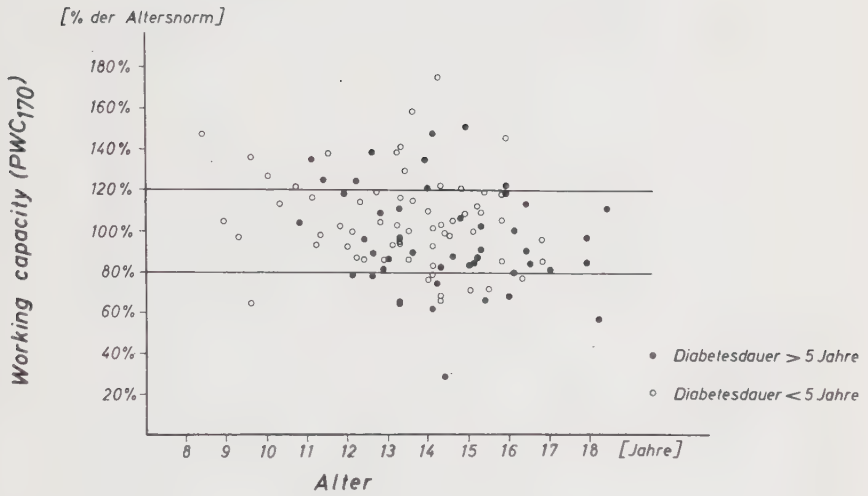


Abb. 2: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀)
bezogen auf Altersnorm bei 110 Jungen
mit Diabetes mellitus

dass mit der PWC₁₇₀ im Gegensatz zum LPI nicht die Dauerleistungsfähigkeit, sondern die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen erfaßt wird (RUTENFRANZ, 23). Auf Grund unserer Untersuchungen kann man darum annehmen, dass bei diabetischen Kindern und Jugendlichen mit zunehmendem Lebensalter zwar die Dauerleistungsfähigkeit in einem bestimmten Bereich kontinuierlich abnimmt, die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen aber eine solche Tendenz nicht aufweist, wenn man das Leistungsverhalten diabetischer Kinder mit dem ihrer gesunden Altersgenossen vergleicht.

Fragt man sich nun nach den Ursachen der altersabhängigen Leistungsabnahme für einen Teilbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit unserer diabetischen Kinder und Jugendlichen, dann muß man den Einfluss des Diabetes mellitus auf das Wachstum und die körperliche Entwicklung dieser Kinder und Jugendlichen berücksichtigen.

Aus diesem Grunde haben wir in Tab. 1 die Körperlänge und das Körpergewicht der diabetischen Kinder und Jugendlichen mit den entsprechenden Daten derjenigen gesunden Heranwachsenden verglichen, von denen die Altersnormwerte für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit gewonnen wurden. Aus der Tabelle geht hervor, dass bei den Diabetikern bis zum 11. Lebensjahr Körpergewicht und Körperlänge im Mittel etwa den Altersklassenwerten der Gesunden entsprachen. Erst ab dem 12. Lebensjahr weichen diese Maße stärker voneinander ab. Dies betraf bei unserem Untersuchungsgut weniger die Körperlänge als vielmehr das Körpergewicht, das im 14.-16. Lebensjahr im Mittel um 4,1 bis 9,8 kg unter den Altersklassenwerten der Gesunden lag.

Auf Grund dieser Feststellung lag die Annahme nahe, dass diejenigen Kinder, welche in bezug auf ihre Dauerleistungsfähigkeit deutlich von der Altersnorm abwichen, auch Gewichtsanomalien aufweisen könnten. Wir haben darum in Tab. 2 zusammengestellt, wieviele Kinder mit einer Dauerleistungsfähigkeit von weniger als 80 % der Altersnorm in bezug auf ihr Körpergewicht unter bzw. über der ihrer Körperlänge entsprechenden Gewichtsnorm lagen. In gleicher Weise wurde ausserdem mit

G e s u n d e					D i a b e t i k e r				
Alter (Jahre)		Körper- länge (cm)		Körper- gewicht (kg)	Alter (Jahre)		Körper- länge (cm)		Körper- gewicht (kg)
AM	n	AM	♂	AM	♂	AM	n	AM	♂
8,5	32	131,7	4,7	28,4	3,5	8,7	2	136,0	-
9,5	30	136,0	6,0	30,0	3,5	9,5	3	137,7	-
10,5	49	142,3	6,7	34,4	5,1	10,4	4	144,2	-
11,5	35	147,9	4,1	38,7	6,8	11,4	8	143,8	4,9
12,5	52	153,2	6,6	41,7	5,9	12,5	16	149,6	4,1
13,5	32	159,3	6,6	47,4	7,2	13,4	20	159,9	7,9
14,5	52	164,9	8,1	53,6	8,1	14,3	25	163,1	10,6
15,5	33	172,5	7,1	60,0	8,8	15,4	18	167,5	7,6
16,5	57	174,6	7,3	62,7	7,2	16,4	9	164,6	4,6
17,5	30	177,2	6,5	67,9	8,2	17,5	3	167,5	-
18,5	52	178,1	6,2	67,3	6,6	18,3	2	174,7	-

Tab.1: Körperlänge und Körpergewicht bei diabetischen Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu einer Gruppe gesunder Gleichaltriger

		Körpergewicht	
		über Längennorm	unter Längennorm
Körper- liche	weniger als 80 % der Alters- norm	7	9
Leistungs- fähigkeit	mehr als 120 % der Alters- norm	7	5

Tab. 2: Beziehungen zwischen Abweichungen des Körpergewichtes von der Längennorm und der körperlichen Leistungsfähigkeit (LPI)

den Kindern verfahren, deren Dauerleistungsfähigkeit um mehr als 20 % über der Altersnorm lag.

Aus der Tabelle läßt sich entnehmen, dass bei den Kindern mit vermindeter Dauerleistungsfähigkeit die Zahl der relativ "untergewichtigen" Kinder überwog, während bei den Kindern mit großer Dauerleistungsfähigkeit "übergewichtige" Kinder in grösserer Zahl vorkamen als "untergewichtige". Die Häufigkeitsdifferenzen sind jedoch so gering, dass sie sich bei Prüfung über die Null-Hypothese als statistisch nicht signifikant erwiesen.

Um dem Zusammenhang zwischen Körpergewicht und körperlicher Leistungsfähigkeit unserer diabetischen Kinder weiter nachzugehen, wurden die Beziehungen zwischen der Dauerleistungsfähigkeit und dem Körpergewicht in Abb. 3 graphisch dargestellt. Wir gingen dabei so vor, dass wir die LPI-Werte der einzelnen Kinder prozentual auf die ihrem Körpergewicht entsprechenden Normalwerte, wie sie von RUTENFRANZ (23) angegeben wurden, bezogen. In der Abbildung erkennt man, dass bei dieser Betrachtungsweise die Dauerleistungsfähigkeit der von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen sich praktisch nicht von der Leistungsfähigkeit gesunder Kinder unterschied. Daraus ist zu schliessen, dass die Dauerleistungsfähigkeit je kg Körpergewicht bei gesunden und diabetischen Heranwachsenden keine signifikanten Unterschiede aufweist.

Ob sich dieser Befund auf alle diabetischen Heranwachsenden ohne weiteres ausdehnen läßt, soll später noch genauer diskutiert werden, aber er erscheint fraglich, da es sich bei den von uns untersuchten diabetischen Kindern und Jugendlichen hinsichtlich körperlicher Erziehung und Stoffwechselführung wohl fraglos um eine positive Auslese handelt. Das wird nämlich deutlich, wenn man in Abb. 4 die Beziehung zwischen Körpergewicht und Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, geprüft als PWC₁₇₀, betrachtet. Hier zeigt sich, dass etwa 25 % der von uns untersuchten Heranwachsenden den Normbereich von ± 20 % der Gewichtsnorm überschritten, während dieser Bereich nur von einzelnen Kindern, meist mit einer Diabetes-

[% der Gewichtsnorm]

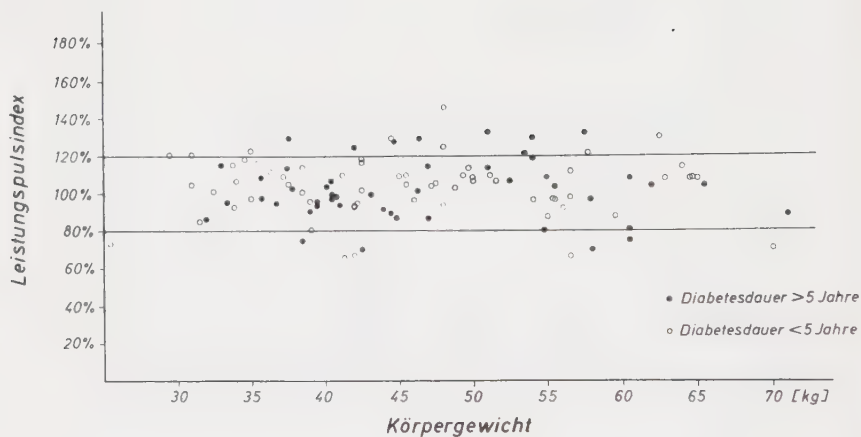


Abb. 3: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI)
bezogen auf die Gewichtsnorm bei
110 Jungen mit Diabetes mellitus

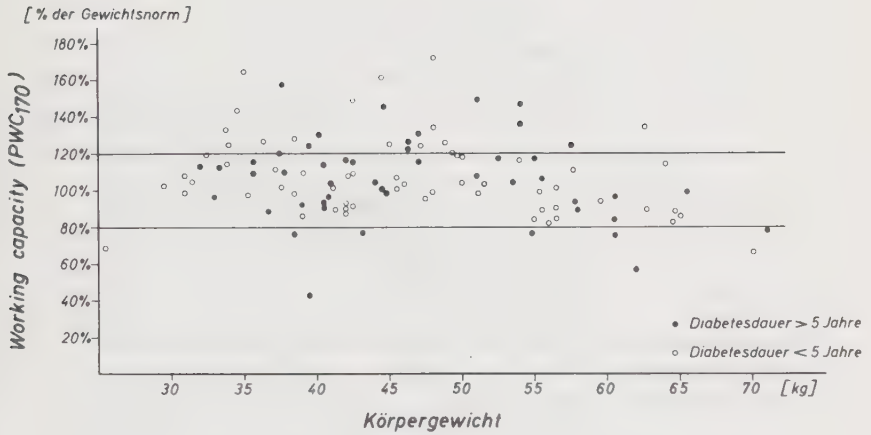


Abb. 4: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀)
bezogen auf die Gewichtsnorm bei
110 Jungen mit Diabetes mellitus

dauer von mehr als 5 Jahren, unterschritten wurde. Das von uns untersuchte Kollektiv von diabetischen Heranwachsenden zeigt darum bei Berücksichtigung des Körpergewichtes gegenüber den gesunden Kindern relativ günstige Verhältnisse und unterscheidet sich von den gesunden Kindern im Durchschnitt eher in positiver als in negativer Hinsicht.

Um die Beziehung zwischen körperlicher Entwicklung und Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder weiter zu analysieren, haben wir in den Abb. 5 und 6 den Leistungspulsindex bzw. die "physical working capacity" (PWC_{170}) als Funktion der Körperoberfläche dargestellt. Um den Vergleich mit den gesunden Kindern zu erleichtern, benutzten wir Umrechnungen, wie sie MOCELLIN (19) entsprechend den Vorschlägen von ADAMS, LINDE und MIYAKE (1) aus dem Untersuchungsgut von RUTENFRANZ (23) für Kinder und Jugendliche vom 8.-18. Lebensjahr vornahm. Wie Abb. 5 und 6 erkennen lassen, wurde zu diesem Zwecke für die Beziehungen zwischen Körperoberfläche und LPI bzw. PWC_{170} die Regressionslinie errechnet und aus den Streuungen um die Regressionslinien die Perzentile der "confidence bands" zwischen den 5%- und 95%-Grenzen errechnet und aufgetragen.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen von ADAMS, LINDE und MIYAKE (1) bestand in dem Untersuchungsgut von RUTENFRANZ (23) nach den Berechnungen von MOCELLIN (19) zwischen der PWC_{170} und der Körperoberfläche eine lineare Beziehung, während ADAMS, LINDE und MIYAKE (1) eine derartige Beziehung nur für den Logarithmus der Körperoberfläche feststellen konnten. Wir haben trotzdem für unseren Vergleich die Untersuchungen von RUTENFRANZ (23) bzw. MOCELLIN (19) herangezogen, weil sie an deutschen Kindern standardisiert und an einem wesentlich grösseren Kollektiv gewonnen wurden.

Im einzelnen zeigt nun die Abb. 5, dass die Dauerleistungsfähigkeit (LPI) bei unseren diabetischen Kindern unter Berücksichtigung ihrer Körperoberfläche nur in Einzelfällen die Vertrauensgrenzen von 5% - 95% der Regressionslinie $y=11,14-4,23x$

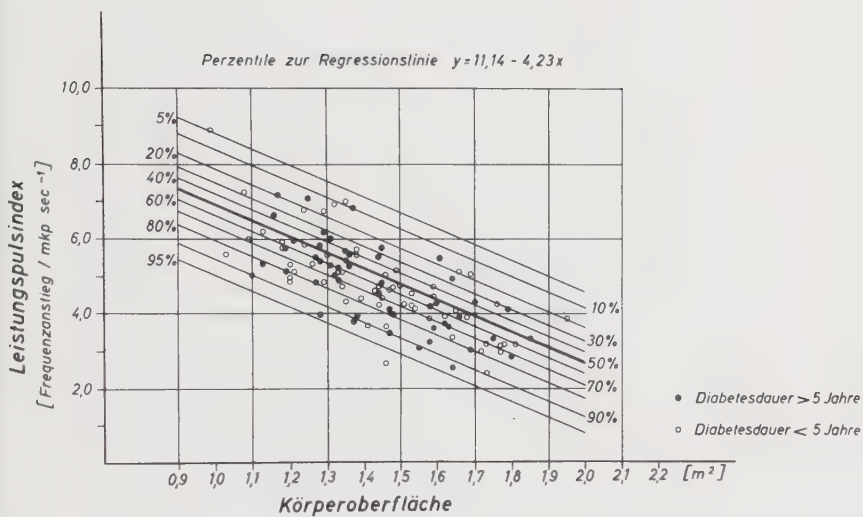


Abb. 5: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI)
bezogen auf die Körperoberfläche bei
110 Jungen mit Diabetes mellitus

überschritt. Auffällig ist jedoch, dass die Verteilung der Einzelwerte nicht ganz mit der statistischen Erwartung übereinstimmte. So müsste man auch bei diesem relativ kleinen Kollektiv erwarten, dass LPI-Werte über und unter dem 50%-Wert, welcher der Regressionslinie entspricht, in gleicher Häufigkeit vorkommen, wenn beide Kollektive identisch wären. Wie die Abb. 5 unschwer erkennen läßt, ist dies jedoch nicht der Fall, vielmehr liegen nur rund 30 % der Werte oberhalb der Regressionslinie, während die übrigen unterhalb dieser Grenze und zwar vornehmlich zwischen 50 und 80 % der "confidence bands" angetroffen werden. Hieraus ist zu schliessen, dass die Dauerleistungsfähigkeit der von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen bei Berücksichtigung der Körperoberfläche im Mittel etwas geringer war als bei den gesunden Vergleichskindern. Die Verteilungen beider Kollektive überlappen sich aber so weit, daß die Dauerleistungsfähigkeit der diabetischen Kinder nur in 2 Fällen die Vertrauensgrenze von 95 % des Normal-Kollektivs überschritt.

Etwas anders liegen dagegen die Verhältnisse bei der PWC_{170} . Auch hier wurde wieder aus den Werten der von RUTENFRANZ (23) untersuchten gesunden Kinder für die Beziehungen zwischen der Körperoberfläche und der PWC_{170} die Regressionslinie mit ihren Vertrauensgrenzen in Form der Perzentile errechnet und in Abb. 6 aufgetragen. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei der Dauerleistungsfähigkeit verteilt sich das Kollektiv der diabetischen Kinder bezüglich der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen weitgehend normal um die Regressionslinie zwischen Körperoberfläche und PWC_{170} . Insbesondere ist die Zahl der Kinder, deren Leistungsfähigkeit unterhalb der 50%-Grenze des Normalkollektivs lag, geringer als die Anzahl der Kinder mit einer besseren PWC_{170} . Im ganzen bestätigt sich somit der bereits in Abb. 4 besprochene Befund, nach welchem die von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen hinsichtlich ihrer Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen keinesfalls schlechter, zum Teil sogar besser als die gesunden Kinder zu beurteilen waren. Insgesamt überlappten sich beide

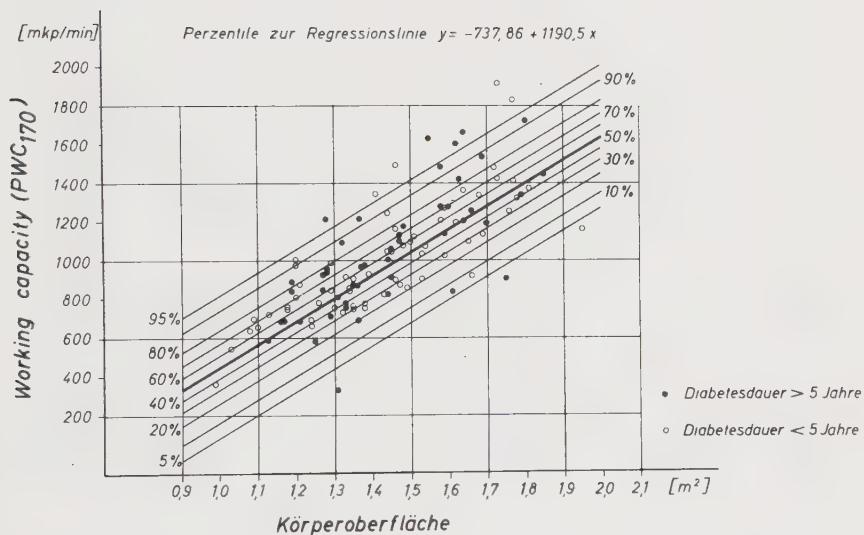


Abb. 6: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀)
bezogen auf die Körperoberfläche bei
110 Jungen mit Diabetes mellitus

Kollektive aber so weitgehend, dass zwischen der Gruppe der kranken und der der gesunden Jugendlichen kein statistisch signifikanter Unterschied zu verzeichnen war.

Abschliessend seien in diesem Zusammenhang noch die Beziehungen zwischen der Körperlänge und der Leistungsfähigkeit unserer Kinder besprochen. In den Abb. 7 und 8 beruht die Darstellung dieser Beziehung auf der Umrechnung der Meßwerte der einzelnen Kinder in Prozent der Längennorm des von RUTENFRANZ (23) untersuchten Normalkollektivs. Bei dieser Art der Darstellung fällt nun auf, dass ein relativ großer Prozentsatz diabetischer Kinder bei Berücksichtigung ihrer Körperlänge hinsichtlich ihrer Dauerleistungsfähigkeit z.T. recht erheblich unter der Dauerleistungsfähigkeit der gesunden Kinder lag.

Ebenso fällt in Abb. 8 auf, dass die "physical working capacity" unter der Berücksichtigung der Körperlänge bei den diabetischen Kindern stärker von der Norm abweicht. Dabei zeigt sich, dass diabetische Kinder mit Körperlängen von 130-155 cm in relativ grosser Häufigkeit eine bessere Leistungsfähigkeit, Kinder mit Körperlängen von 165-190 cm jedoch eine verminderte Leistungsfähigkeit gegenüber dem Kollektiv gesunder Kinder aufwiesen.

Dieser Befund spricht unseres Erachtens aber nicht für eine schlechtere Leistungsfähigkeit der von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen, sondern erklärt sich aus der Tatsache, dass Körpergewicht und Körperlänge bei den diabetischen Kindern nicht im gleichen Verhältnis standen wie bei den gesunden Kindern, wobei sich eine deutliche Altersabhängigkeit abzeichnet. So lagen Körperlänge und Körpergewicht unserer diabetischen Kinder im 8.-10. Lebensjahr im Mittel über den Altersklassenwerten gesunder Kinder, während nach dem 10. Lebensjahr Körperlänge und Körpergewicht im Mittel zunehmend unter den Werten der Gesunden lagen. Auffällig ist jedoch dabei, dass der prozentuale Gewichtsrückstand mit zunehmendem Lebensalter bei den diabetischen Kindern stärker anstieg als der Körperlängenrückstand. Daraus läßt sich schliessen, dass die von uns untersuchten diabetischen Kinder mit zunehmendem Lebensalter nicht nur im Wachstum zurückblieben,

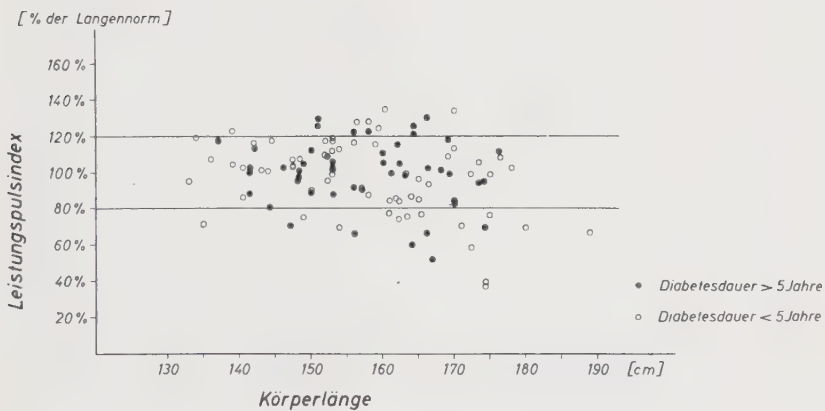


Abb. 7: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI)
bezogen auf die Längennorm bei 110 Jungen
mit Diabetes mellitus

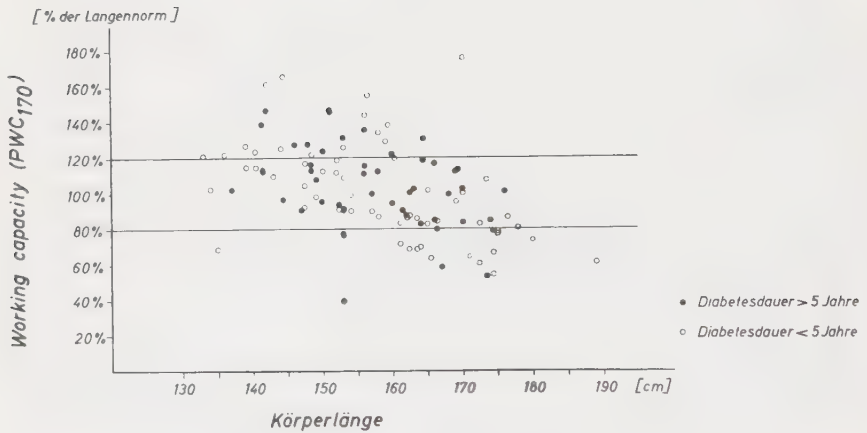


Abb. 8: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀)
bezogen auf die Längennorm bei 110 Jungen
mit Diabetes mellitus

sondern im Mittel auch zunehmend relativ magerer wurden.

Nun ist aber bekannt (z.B. ÅSTRAND, 2), dass die körperliche Leistungsfähigkeit im Normalbereich in linearer Beziehung zur fettfreien Körpermasse und damit indirekt zur Muskelmasse steht. Wie sich aber zeigen ließ, ist bei den Diabetikern mit zunehmendem Lebensalter ein relativ stärkeres Zurückbleiben in der Gewichtszunahme gegenüber der Körperlängenzunahme zu beobachten. Aus dieser Tatsache erklärt sich darum zwanglos, dass die von uns untersuchten diabetischen Kinder und Jugendlichen zwar bei Berücksichtigung ihres Körpergewichtes und auch noch bei Berücksichtigung ihrer Körperoberfläche eine "normale" körperliche Leistungsfähigkeit zeigten, während bei der Berücksichtigung von Alters- oder Längennormen deutlichere Diskrepanzen auftraten. Die Diskrepanz vor allem bezüglich der Längennorm beruht somit ^{nicht} auf einer verringerten Leistungsfähigkeit der Diabetiker, sondern auf der Tatsache, daß bei der Aufstellung von Normen der Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung der Körperlänge immer gleichzeitig auch "normale" Körpergewichtsverhältnisse mit vorausgesetzt werden.

b) Körperliche Leistungsfähigkeit und Diabetesdauer:

In den vorangestellten Abb. 1-8 wurde in den Diagrammen die Diabetesdauer bereits als zusätzlicher Parameter aufgeführt, aber nur gelegentlich besprochen. Obwohl die Durchsicht der Abbildungen erkennen läßt, dass die Diabetesdauer bei den von uns untersuchten Kindern und Jugendlichen keinen klar in die Augen springenden Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit hatte, gingen wir dieser Frage noch einmal gesondert nach.

Zu diesem Zwecke unterteilten wir das gesamte Untersuchungsgut in zwei Teilkollektive von annähernd gleicher Größe, wobei wir als Grenze eine Diabetesdauer von 5 Jahren festsetzten. Wir sind uns darüber im klaren, dass diese Grenze für eine langfristige Prognose des Diabetes zu kurz ist, doch schien sie uns zur Beurteilung der Entwicklungsverhältnisse im Jugendalter angemessen zu sein.

In Abb. 9 wurden Kinder mit einer Diabetesdauer von weniger als 5 Jahren Kindern mit längerer Diabetesdauer hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit gegenübergestellt. Für diesen Vergleich wurden wieder die prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder von den Alters-, Längen- und Gewichtsnormen gesunder Kinder benutzt, wobei für beide Kollektive jeweils die prozentualen Häufigkeitsverteilungen berechnet wurden. Wie die Abb. 9 zeigt, waren diese Häufigkeitsverteilungen in den meisten Fällen "normal" verteilt, wobei Dauerleistungsfähigkeit und Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen eine unterschiedliche Abhängigkeit von der Diabetesdauer aufwiesen.

So erkennt man zwar in beiden Teilen der Abb. 9, dass Kinder und Jugendliche mit kurzer Diabetesdauer den Heranwachsenden mit langer Diabetesdauer hinsichtlich ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit nicht eindeutig überlegen waren. Es fällt aber auf, dass für die Dauerleistungsfähigkeit - bestimmt durch den Leistungspulsindex - das Dichtemaximum der Häufigkeitsverteilung unter Berücksichtigung von Alters- und Gewichtsnormen bei Kindern mit langer Diabetesdauer jeweils eine Klasse tiefer liegt als bei Kindern mit kurzer Diabetesdauer. Bei Berücksichtigung der Längennorm besteht eine ähnliche, jedoch weniger klare Tendenz.

Bezüglich der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen (PWC₁₇₀) sind die Verhältnisse nicht so klar. Hier läßt sich diese Tendenz nur unter Berücksichtigung der Altersnorm nachweisen, während bei Berücksichtigung von Längen- und Gewichtsnormen die Häufigkeitsverteilung der Norm-Abweichungen für Kinder mit langer oder kurzer Diabetesdauer praktisch identisch waren.

Auf Grund dieser Befunde lassen sich keine eindeutigen Feststellungen über den Einfluss der Diabetesdauer auf die körperliche Leistungsfähigkeit treffen. Das spricht unseres Erachtens dafür, dass der Diabetes als eine chronische Erkrankung auch bei Kindern erst bei längerem Bestehen einen Einfluß auf die körperliche Leistungsfähigkeit ausüben dürfte. Die wegen der Altersverteilung unseres Kollektives gewählte Grenze von 5 Jahren erscheint darum für eine endgültige Beantwortung

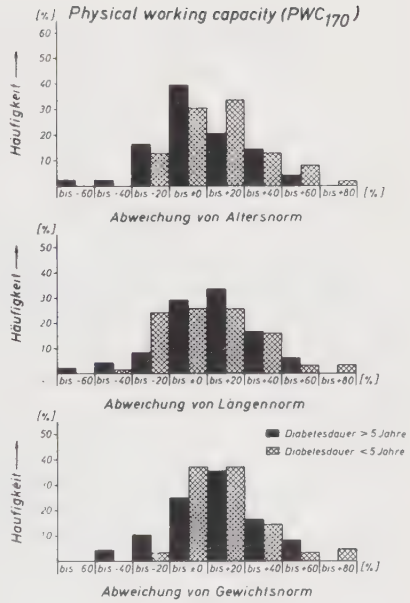


Abb. 9: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI bzw. PWC_{170})
und Diabetesdauer

dieser Frage als zu kurz bemessen, und wir möchten annehmen, dass man wenigstens Personen mit einer Diabetesdauer von 20-30 Jahren in genügend großer Zahl mit zum Vergleich heranziehen müßte, was im Rahmen dieser Studie jedoch nicht möglich war.

Gerade unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte erscheint es aber bemerkenswert, daß Kinder mit einer Diabetesdauer von mehr als 5 Jahren (Extremwerte 6-18 Jahre) hinsichtlich ihrer Dauerleistungsfähigkeit eine Tendenz zur Verschlechterung des Leistungsverhaltens gegenüber Kindern mit kürzerer Diabetesdauer aufweisen.

c) Der Einfluss des Manifestationsalters auf die körperliche Leistungsfähigkeit beim Diabetes mellitus

Es ist mehrfach die Auffassung vertreten worden, dass das Manifestationsalter von entscheidender Bedeutung für die langfristige Prognose bei Patienten mit Diabetes mellitus wäre. Diese Auffassung wird vor allem durch den klinischen Verlauf und die Häufigkeit der Komplikationen gestützt. Für eine klare Beantwortung dieser Frage wären jedoch neben den klinischen Befunden Längsschnittsbeobachtungen über Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit wünschenswert, wobei solche Untersuchungen unseres Erachtens wenigstens bis ins 45.-50. Lebensjahr der Patienten ausgedehnt werden müßten.

So ist es verständlich, dass unsere Untersuchungen auch diese Frage nicht endgültig beantworten können. Trotzdem schien es uns interessant zu sein, einmal dieser Frage wenigstens für den Bereich des Kindesalters an Hand unseres Untersuchungsgutes nachzugehen. Wie die Abb. 10-15 erkennen lassen, konnten wir Kinder und Jugendliche untersuchen, bei denen der Diabetes mellitus zwischen dem 2. und 15. Lebensjahr festgestellt wurde. Das Hauptmanifestationsalter lag in unserem Untersuchungsgut zwischen dem 4. und 13. Lebensjahr.

Aus den Abb. 10-12 ergibt sich, dass wir in unserem Untersuchungsgut bei Berücksichtigung der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm keinen Einfluss des Manifestationsalters auf die

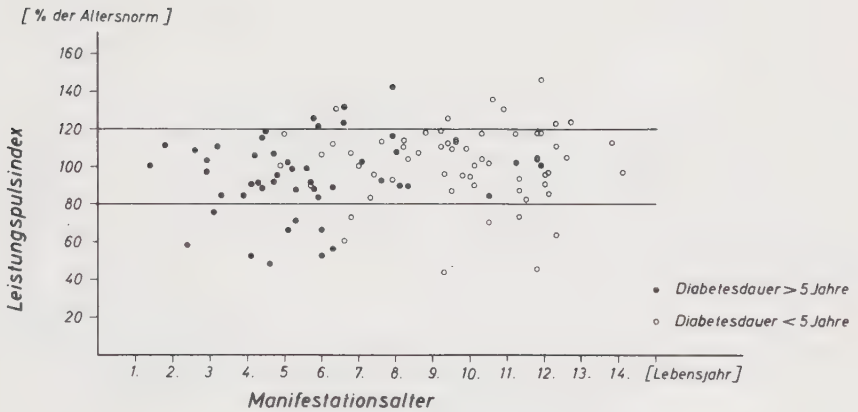


Abb. 10: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (LPI) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Altersnorm

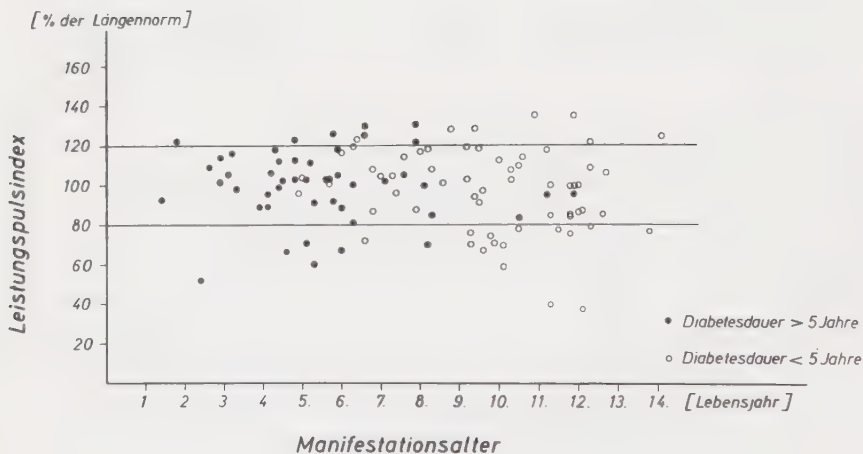


Abb. 11: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (LPI) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Längennorm

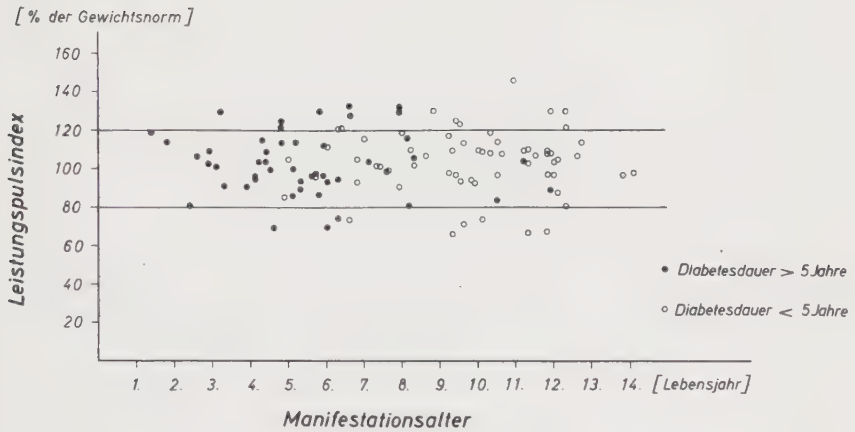


Abb. 12: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (LPI) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Gewichtsnorm

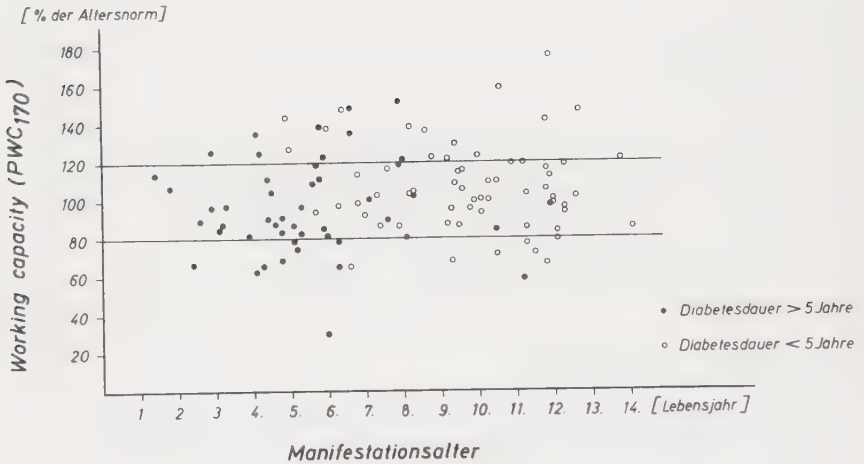


Abb. 13: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Altersnorm

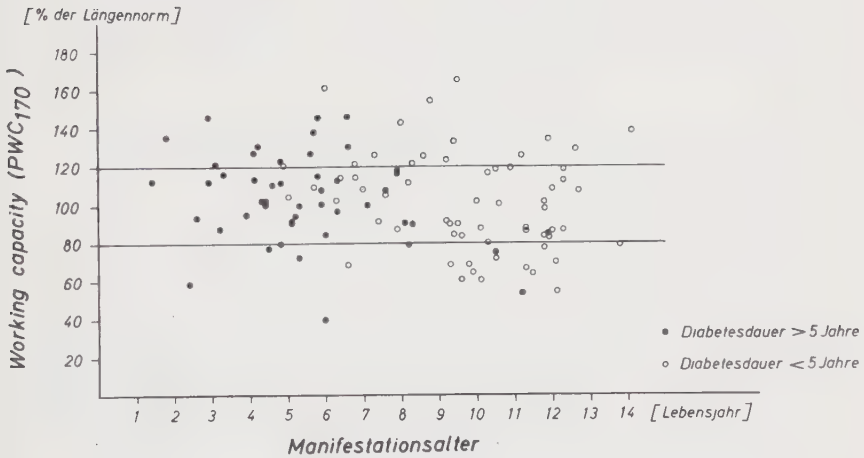


Abb. 14: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Längennorm

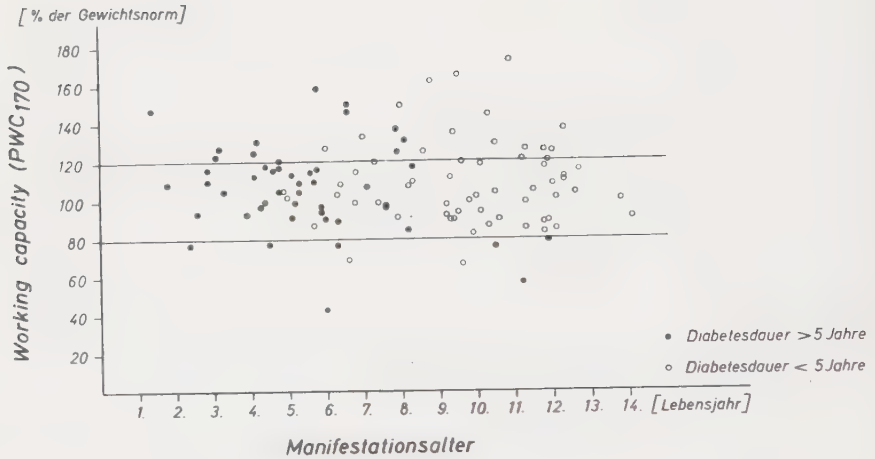


Abb. 15: Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀) vom Manifestationsalter bei 110 Jungen mit Diabetes mellitus bezogen auf Prozent der Gewichtsnorm

Dauerleistungsfähigkeit von diabetischen Kindern und Jugendlichen feststellen konnten. Die Verteilungsunterschiede für die verschiedenen Normbezüge spiegeln vielmehr lediglich die schon vorher ausführlich diskutierte Normskalen wie Lebensalter, Körpergewicht und Körperlänge wider. Gleichartige Verhältnisse ergeben sich für die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, geprüft als PWC₁₇₀, wie die Abb. 13-15 erkennen lassen.

d) Stoffwechselführung und körperliche Leistungsfähigkeit beim diabetischen Kind

In der von uns untersuchten Gruppe von 110 diabetischen Kindern hatten 55,5 % eine gute Stoffwechselführung im Sinne der vorher (S.16) gegebenen Definition, während die Stoffwechselführung bei 34,6 % der Kinder noch ausreichend und nur bei 10 % schlecht war. Die Gruppe der Kinder mit schlechter Stoffwechselführung entstammte in gleicher relativer Häufigkeit der Gruppe von Kindern, die in einem Ferienlager beobachtet wurden und der Gruppe der ambulant betreuten Kinder. Jedoch war der relative Anteil der Kinder mit guter Stoffwechselführung bei den Teilnehmern des Diabetiker-Ferienlagers wesentlich größer als bei den ambulant betreuten Kindern, wenn in unserem Fall die absolut gesehen kleine Anzahl der ambulant betreuten Diabetiker keinen verallgemeinernden Schluß in dieser Hinsicht zuläßt.

Um den Einfluss der Stoffwechselführung auf die körperliche Leistungsfähigkeit beim diabetischen Kind zu prüfen, haben wir in der Abb. 16 die körperliche Leistungsfähigkeit - geprüft über Leistungspulsindex (LPI) bzw. "physical working capacity" (PWC₁₇₀) - unter bezug auf die Körpergewichtsnorm der Güte der Stoffwechselführung gegenübergestellt. Da die Gruppe der Kinder mit einer schlechten Stoffwechselführung nur sehr klein war, wurden nur die Kinder mit "guter" bzw. "noch ausreichender" Stoffwechselführung in den Vergleich einbezogen.

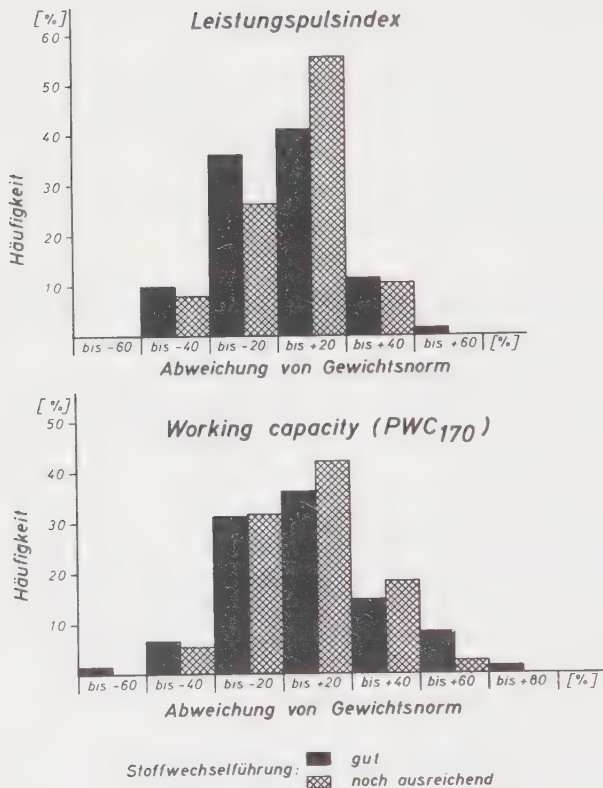


Abb. 16: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI bzw. PWC₁₇₀)
in Abhängigkeit von der Stoffwechselführung

Wie die Abb. 16 erkennen läßt, hatten in beiden Gruppen über 75 % der Kinder und Jugendlichen eine Dauerleistungsfähigkeit - geprüft als Leistungspulsindex - , die in einem Bereich von ± 20 % ihrer Körpergewichtsnorm lag. Ausserdem zeigt die Abbildung, dass die Streuung in beiden Gruppen ebenfalls praktisch identisch war. Sehr ähnliche Verhältnisse ergaben sich für die Fähigkeit der Kinder zu kurzzeitigen Höchstleistungen, geprüft als PWC₁₇₀. Hier wiesen in beiden Gruppen über 70 % der Kinder eine Leistungsfähigkeit von ± 20 % der Körpergewichtsnorm auf, wobei die Streuung der Einzelwerte bei den Kindern mit "guter" Stoffwechselführung etwas breiter war als bei den Kindern mit "noch ausreichender" Stoffwechselführung.

Obwohl die Kinder, welche zum Zeitpunkt der Untersuchung eine "schlechte" Stoffwechselführung aufwiesen, wegen der Kleinheit der Gruppe (11 Kinder) nicht in diesen Vergleich miteinbezogen werden konnten, sei abschliessend vermerkt, dass die Streuung der Einzelwerte auch hier praktisch mit der Verteilung in den beiden anderen Gruppen identisch war, und dass sich kein Anhalt für eine Tendenz zur Massierung von Kindern mit besonders schlechter Leistungsfähigkeit in dieser Gruppe ergab.

e) Der Einfluss des Ausmaßes der täglichen körperlichen Aktivität auf das Leistungsverhalten diabetischer Kinder u. Jugendlicher

Da von den 110 untersuchten diabetischen Kindern und Jugendlichen nur 5 Kinder vom Schulturnen befreit waren und uns von 7 weiteren keine Angaben zu dieser Frage vorlagen, mußte sich die Beantwortung dieser Frage auf die zusätzlichen Informationen über die ausser schulische sportliche Betätigung und die Verhaltensbeobachtung der Heranwachsenden stützen.

Wie auf S.17 näher ausgeführt, haben wir zu diesem Zweck 4 verschiedene Stufen der ausser schulischen körperlichen Betätigung aufgestellt, welche nur qualitative Gesichtspunkte berücksichtigen konnten, wobei 101 Angaben zu werten waren. Auf Grund dieser Klassifizierung hatten 29

Heranwachsende "viel", 24 "mittel", 43 "wenig" und 5 "keine" auserschulische sportliche Betätigung. Um zu einer einigermaßen sicheren Aussage zu kommen, wurden die Gruppen "viel" und "mittel" sowie "wenig" und "keine" zusammengefaßt.

Wie die Abb. 17 erkennen läßt, unterscheidet sich die körperliche Leistungsfähigkeit derjenigen Kinder, deren auserschulische sportliche Betätigung groß bzw. durchschnittlich war, nur wenig von dem Leistungsverhalten der Kinder ohne oder mit geringer körperlicher Betätigung. Lediglich für die Dauerleistungsfähigkeit zeigt sich ein geringes relatives Überwiegen des besseren Verhaltens bei den Kindern mit stärkerer körperlicher Aktivität, doch bestehen auch hier keine signifikanten Differenzen.

f) Der Einfluß der Ferienlager auf die körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher

Über die Bedeutung von Ferienlagern für Stoffwechselführung und allgemeine Entwicklung ist von STRUWE verschiedentlich berichtet worden. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Stoffwechsellaage sich im Durchschnitt wesentlich verbessern ließ, und es bestand der allgemeine Eindruck, dass die körperliche Entwicklung positiv beeinflusst wurde.

Für uns stellte sich nun die Frage, ob die günstigen Faktoren der Ferienlager auch zu einer meßbaren Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit führen^{en}. Aus diesem Grunde bestimmten wir bei 60 Jungen jeweils am Anfang und am Ende der Sommerlager den Leistungspulsindex und die "physical working capacity". Dabei ergab sich am Lageranfang ein LPI von $4,65 \pm 1,2$ und am Lagerende ein Wert von $4,69 \pm 1,0$. Die "physical working capacity" (PWC₁₇₀) hatte am Lageranfang einen Wert von 1050 ± 321 und am Lagerende einen Wert von 1067 ± 286 mkg. Beide Differenzen waren nicht signifikant.

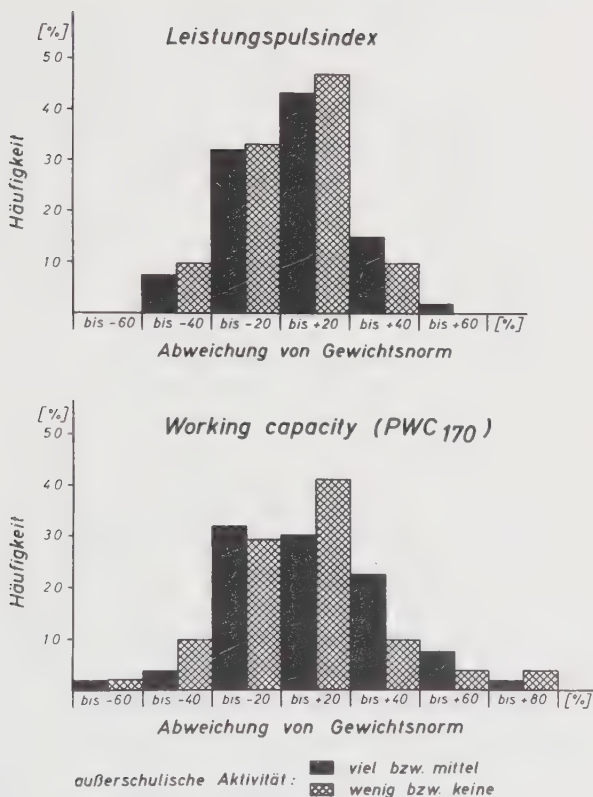


Abb. 17: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI bzw. PWC₁₇₀) in Abhängigkeit von der außerschulischen körperlichen Aktivität

III. Diskussion der Ergebnisse

Betrachtet man die von uns erhobenen Befunde über die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen mit Diabetes mellitus im Zusammenhang und vergleicht sie mit den in der Literatur vorhandenen Beobachtungen, so ergeben sich neben Übereinstimmungen auch Unterschiede. So hatten LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER darauf hingewiesen, dass die körperliche Leistungsfähigkeit bei Mädchen mit Diabetes mellitus, verglichen mit dem Leistungsverhalten ihrer Altersgenossinnen, erheblich zurückblieb.

Obwohl viele Faktoren wie diabetische Angiopathien, Zurückbleiben im Wachstum und der körperlichen Entwicklung u.ä. als Ursache für diesen Befund in Frage kommen, glaubten die Autoren, dass dem Trainingsverlust infolge von Schulturnbefreiung und körperlicher Schonung durch die Eltern die entscheidende Bedeutung für diesen Prozess zukam. Diese durch Beobachtung an einer kleinen Gruppe von Probanden gestützte Annahme konnte durch die Untersuchungen von STERKY weiter bekräftigt werden. In seiner nach der Methode des sozialen Zwillings aufgebauten Studie an 123 gesunden und diabetischen Kindern und Jugendlichen konnte er zeigen, daß diabetische und gesunde Kinder bis zum 12.-14. Lebensjahr nur unwesentliche Unterschiede in bezug auf ihre Teilnahme am Schulsport und ihre ausserschulische körperliche Aktivität aufwiesen. Nach dieser Altersstufe nahm die Beteiligung am Schulsport jedoch - vor allem bei den Mädchen - rapide ab, und die ausserschulische körperliche Aktivität ging ebenfalls deutlich zurück.

Dieser Prozess fand eine teilweise Entsprechung im Verhalten der körperlichen Leistungsfähigkeit, die zu diesem Zwecke definiert wurde aus der errechneten Pulsfrequenz für eine Leistung von $10 \text{ mkp/kg Körpergewicht} \times \text{Min.}$ Unter diesen relativ gleich großen Leistungen ließ sich nämlich zeigen, dass die diabetischen Kinder jenseits des 14. Lebensjahres zunehmend eine grössere Herzfrequenz zur Erbringung dieser Leistung aufwenden mußten als die gesunden. Dieser Unterschied kam dadurch zustande, dass bei den gesunden Kindern

die Pulsfrequenz jenseits der Pubertät kontinuierlich zurückging, während die Diabetiker für die relativ gleiche Leistung bis zum 20. Lebensjahr die gleiche Pulsfrequenz hatten wie im 13.-14. Lebensjahr.

Da dieser Befund, wie bereits STERKY (27,28) ausführte, zweifellos dafür spricht, dass bei den diabetischen Kindern nach Eintritt der Pubertät das dem Alter adäquate körperliche Training in zunehmendem Maße unterbleibt, erschien es wünschenswert, einmal eine Gruppe von diabetischen Kindern und Jugendlichen zu untersuchen, die durch eine jahrelange gute Betreuung und Stoffwechselführung daran gewöhnt waren, das körperliche Training als Teil der Behandlung des Diabetes mellitus anzunehmen und denen darüber hinaus einmal im Jahr in den Diabetiker-Ferienlagern Anweisungen für eine vernünftige Lebensführung gegeben werden konnten.

Da diese Kinder und Jugendlichen nicht wie in der Untersuchung von STERKY (27,28) aus einer Stadt sondern aus sehr verschiedenen Landesteilen stammten, war es uns nicht möglich, dieser Gruppe von 110 männlichen Heranwachsenden eine Vergleichsgruppe nach dem Prinzip des sozialen Zwillings gegenüberzustellen, was für derartige Untersuchungen zweifelsohne als optimale Methode angesehen werden muß.

Wir waren vielmehr gezwungen, auf eine auswahlfreie Stichprobe von Jungen im Alter von 8-18 Jahren zurückzugreifen, die mit den gleichen Methoden früher von RUTENFRANZ und HETTINGER (24) sowie RUTENFRANZ, HOCKE, HOCKE und HOFMANN-KEILHACKER (25) untersucht worden waren.

Unter diesen Bedingungen zeigten unsere Untersuchungen, daß die Heranwachsenden mit Diabetes mellitus hinsichtlich ihrer allgemeinen körperlichen Entwicklung gegenüber ihren Altersgenossen zurückblieben: Sie waren in jeder Altersgruppe im Durchschnitt leichter und zeigten ab der Präpubertät ein zunehmendes Zurückbleiben im Wachstum.

Da von den 110 diabetischen Heranwachsenden unserer Untersuchung nur 5 vom Schulturnen befreit waren, boten sie eine geeignete Vergleichsgruppe zur Untersuchung von LARSSON,

STERKY, EKENGREN und MÜLLER (16). Dabei konnten wir zeigen, dass die Dauerleistungsfähigkeit dieser Heranwachsenden - bestimmt als Leistungspulsindex (LPI) - unter Berücksichtigung ihres Körpergewichtes mit den Normwerten der gesunden Altersgruppen übereinstimmte. Ausserdem konnten wir keinen Einfluß des Manifestationsalters, der ausserhalb der Schule ausgeübten körperlichen Aktivität und der zum Zeitpunkt der Untersuchung bestehenden Qualität der Stoffwechselführung feststellen, ebensowenig eine signifikante Abhängigkeit von der Diabetesdauer, wobei wir aber einschränkend feststellen müssen, dass die von uns wegen des relativ kurzen Altersabschnittes willkürlich gewählte Grenze von 5 Jahren für eine chronische Erkrankung zweifellos als zu knapp bemessen angesehen werden muß.

Deutlichere Unterschiede zu den Verhältnissen bei Gesunden sahen wir dagegen unter Berücksichtigung des Lebensalters, der Körperlänge und der Körperoberfläche, obwohl sich auch hier die Bereiche zwischen den Gesunden und den Diabetikern breit überlappten. Auf Grund unserer Untersuchungen kann aber festgestellt werden, dass diese Tatsache nicht auf Grund einer spezifischen Beeinflussung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch die diabetische Stoffwechselstörung zustande kommt, sondern dass die körperliche Leistungsfähigkeit nur infolge des Einflusses der diabetischen Stoffwechselstörung auf Wachstum und Entwicklung sekundär herabgesetzt erscheint. Als Beweis für diese Auffassung muß die "Normalität" der körperlichen Leistungsfähigkeit unserer Diabetiker angesehen werden, falls man das Körpergewicht als Vergleichsbasis wählt.

Bezüglich dieser Verhältnisse weist die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen - bestimmt als "physical working capacity" (PWC₁₇₀) - nur geringe Unterschiede gegenüber der Dauerleistungsfähigkeit auf. Hier fiel besonders auf, dass unsere diabetischen Kinder unter Berücksichtigung ihres Körpergewichtes sogar eine etwas bessere Leistungsfähigkeit als die gesunden aufwiesen. Diese Tatsache scheint uns darauf hinzuweisen, dass diabetische Kinder bei vernünftiger

Erziehung zu Spiel und Sport in ihrer Leistungsfähigkeit auf keinen Fall hinter dem Leistungsverhalten ihrer Altersgenossen zurückbleiben müssen.

Abschliessend sei noch der Einfluss der Ferienlager auf das Leistungsverhalten der Kinder diskutiert. Wie wir zeigen konnten, besteht sicher kein kurzfristiger Einfluß auf das Leistungsverhalten der Kinder. Ihr Wert scheint uns darum für die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit in ihrem Einfluss auf die Einstellung der Kinder zu ihrer Krankheit zu liegen und in der Einstellung, ihrem Körper täglich das notwendige Maß an körperlicher Aktivität zuzutrauen und zuzumuten. Ob sich der Erfolg der Lager durch ein gezieltes körperliches Trainingsprogramm verbessern ließe, erscheint uns sehr wahrscheinlich und könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Zusammenfassend läßt sich darum feststellen, dass in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von LARSSON, STERKY, EKENGREN und MÖLLER (16) sowie STERKY (27,28) dem körperlichen Training für die Behandlung des Diabetes mellitus eine besondere Bedeutung zukommt. Offensichtlich erzeugt nämlich eine gute Stoffwechselführung, deren Bedeutung hier keinesfalls eingeschränkt werden soll, nicht automatisch eine altersentsprechende körperliche Leistungsfähigkeit. Diese wird vielmehr genau wie bei Gesunden nur durch ein ausreichendes tägliches körperliches Training erworben und erhalten. Da eine gute körperliche Leistungsfähigkeit aber gerade beim Diabetiker sein Selbstbewußtsein und seine Einstellung zur Krankheit wesentlich prägt, sollten wir alles tun, um dem diabetischen Heranwachsenden von früher Jugend an Gelegenheit zu geben, sich ausreichend zu trainieren, um den Anforderungen in Schule und Beruf vollwertig gewachsen zu sein.

Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die Literatur zur Frage des Einflusses körperlicher Aktivität auf Stoffwechsel und körperliche Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder und Jugendlicher wird von Untersuchungen an 110 diabetischen Kindern und Jugendlichen berichtet, die durch Teilnahme an Ferienlagern zu regelmässiger körperlicher Betätigung erzogen waren.

Bei Arbeitsversuchen mit dem Fahrradergometer nach E.A. MÜLLER wurde die Dauerleistungsfähigkeit (LPI) und die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen (PWC₁₇₀) gemessen und neben einer klinischen Untersuchungen vor jedem Arbeitsversuch Körperlänge und -gewicht bestimmt und regelmässige Stoffwechselkontrollen durchgeführt.

Um die Leistungsfähigkeit der diabetischen Kinder und Jugendlichen mit der ihrer gesunden Altersgenossen vergleichen zu können, wurde eine auswahlfreie Stichprobe von 435 gesunden Heranwachsenden benutzt.

Bei 3/4 der untersuchten diabetischen Kinder lag die Dauerleistungsfähigkeit im Bereich von 80-120 % der Altersnorm. Die Unterschreitungen (bis zu 60 %) der Normwerte weisen eine altersabhängige Tendenz in dem Sinne auf, dass vom 11.-15. Lebensjahr die Dauerleistungsfähigkeit zunehmend zurückgeht.

Die Prüfung der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen ergab keine altersabhängige Tendenz zur Verschlechterung gegenüber den Normwerten; die Meßwerte weisen eine breite bandförmige Streuung im Bereich von ± 40 % der Altersnorm auf.

Als Ursache für die altersabhängige Abnahme der Dauerleistungsfähigkeit bei diabetischen Kindern fanden wir ein Zurückbleiben des Körpergewichtes im 14.-16. Lebensjahr. Bezieht man die Meßwerte der Dauerleistungsprüfung der diabetischen Kinder auf die Körpergewichtsnorm, so ergeben sich praktisch keine Abweichungen.

Bezogen auf das Körpergewicht war die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen bei den diabetischen Kindern im Vergleich zur Norm durchschnittlich eher besser als schlechter.

Bezogen auf die Körperoberfläche war die Dauerleistungsfähigkeit im Mittel etwas geringer als bei gesunden Vergleichskindern, während die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen keinesfalls schlechter, zum Teil besser als die gesunder Kinder war.

Bezogen auf die Körperlänge weist ein relativ großer Prozentsatz diabetischer Kinder eine gegenüber den gesunden z.T. erheblich geringere Dauerleistungsfähigkeit auf, und auch die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen ist bei Körperlängen von 165-190 cm gegenüber den gesunden Jugendlichen vermindert.

Ein eindeutiger Einfluss der Diabetesdauer auf die körperliche Leistungsfähigkeit war nicht nachweisbar; es deutete sich lediglich eine Tendenz zur Verminderung der Dauerleistungsfähigkeit bei einer Diabetesdauer von mehr als 5 Jahren gegenüber den Kindern mit kürzerer Diabetesdauer an.

Einen Einfluss des Manifestationsalters und der Stoffwechselführung auf die körperliche Leistungsfähigkeit konnten wir nicht feststellen.

Die körperliche Leistungsfähigkeit der diabetischen Kinder mit großer bzw. durchschnittlicher und wenig körperlicher Aktivität wies keine signifikanten Unterschiede auf.

In der Diskussion der Ergebnisse wird festgestellt, daß das Zurückbleiben der körperlichen Leistungsfähigkeit diabetischer Heranwachsender nicht durch die diabetische Stoffwechselstörung zustandekommt, sondern infolge des Einflusses der diabetischen Stoffwechselstörung auf Wachstum und Entwicklung sekundär herabgesetzt erscheint.

Dem täglichen Training zusätzlich zu einer guten Stoffwechselführung kommt für die Entwicklung der Leistungsfähigkeit diabetischer Kinder die gleiche, wenn nicht grössere Bedeutung wie für gesunde Heranwachsende zu.

Literatur

- 1) ADAMS, F.H.,
L.M. LINDE und
H. MIYAKE: The physical working capacity
of normal school children.
I. California.
Pediatrics 28, 55 (1961)
- 2) ÅSTRAND, I.: Aerobic work capacity in men
and women with special
reference to age.
Acta physiol. scand. 49,
Suppl. 169,
Norstedt, Stockholm 1960
- 3) ÅSTRAND, P.O.: Experimental studies of
physical working capacity in
to sex and age. relation
Munksgaard, Copenhagen 1952
- 4) BROWNLEE, K.A.: Industrial experimentation.
Her Majesty's Stationery
Office, London 1956
- 5) BÜRGER, M.
und H. KRAMER: Über die durch Muskularbeit
hervorgerufene Steigerung
der Insulinwirkung auf den
Blutzuckergehalt beim nor-
malen und gesteigerten Kohle-
hydratstoffwechsel und ihre
praktische und theoretische
Bedeutung.
Klin. Wschr. 7, 745 (1928)
- 6) CONSTAM, G.R.,
P. HOCHSTRASSER
und H. ROSENBUSCH: Ein schweizerisches Lager
für diabetische Kinder.
Schweiz. med. Wschr. 84,
377 (1954)
- 7) DUFFIE, E.
und F.H. ADAMS: The use of the working
capacity test in the evaluation
of children with congenital
heart disease.
Pediatrics 32, 757 (1963)
- 8) DULIN, W.E.
und J.J. CLARK: Studies concerning a possible
humoral factor produced by
working muscle.
Diabetes 10, 289 (1961)
- 9) GÜNTHER, O.
und I. PAUL: Wachstum und Reifung diabeti-
scher Kinder.
Pädiat. u. Grenzgebiete 2,
242 (1963)

- 10) HANDELSMANN, M.B.,
LOUGHLIN, W.C. und
G.J. FRIEDMAN:
Management of juvenile diabetes
at Camp Nyda. A summary of
methods and results based on
the experiences in 1957 and
1958.
Amer.J. clin. Nutr. 9,583
(1961)
- 11) JACKSON, R.L.
und H.C. KELLY:
A study of physical activity
in juvenile diabetic patients.
J. Pediat. 33, 155 (1948)
- 12) JOSLIN, E.P.,
H.F. ROOT, P. WHITE
und A. MARBLE:
The treatment of Diabetes
mellitus.
10 th ed. Kimpton, London 1959
- 13) KOLLER, S.:
Graphische Tafeln zur Beurtei-
lung statistischer Zahlen.
Stenckopff, Darmstadt 1953
- 14) KRAINICK, H.G.,
F.E. STRUWE und
R. QUINTENZ:
Beobachtungen und Erfahrungen
aus 11 Ferienlagern für
diabetische Kinder 1954-1957.
Dtsch. Med. Wschr. 83,
1279 (1958)
- 15) LARSSON, Y.,
B. PERSSON, G. STERKY
und C. THORÉN:
Heavy exercise in juvenile
diabetes-circulatory and
metabolic observations
(The "Vasalopp" Study).
Acta paediat.(Stockh.) 52,
530 (1963)
- 16) LARSSON, Y.,
G. STERKY,
K. EKENGREN
und T. MÖLLER:
Physical fitness and the
influence of training in
diabetic adolescent girls.
Diabetes 11, 109 (1962)
- 17) LEUPOLD, R.:
Erkrankungsalter und Wachstums-
verlauf beim jugendlichen
Diabetes mellitus.
Helv.paediat.acta 15, 336
(1960)
- 18) MATTHES, K.:
Kreislaufuntersuchungen am
Menschen mit fortlaufend
registrierenden Methoden.
Thieme, Stuttgart 1951
- 19) MOCELLIN, R.:
Untersuchungen über die körper-
liche Leistungsfähigkeit von
herzkranken und adipösen
Kindern.
Med. Diss. München 1965

- 20) MÜLLER, E.A.: Ein Leistungs-Pulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit. Arbeitsphysiol. 14, 271 (1950)
- 21) MÜLLER, E.A. und W. HIMMELMANN: Geräte zur kontinuierlichen fotoelektrischen Pulszählung. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 400 (1957)
- 22) ROSENKRANZ, A.: Zuckerkrankte Kinder im Ferienlager. Arch. Kinderheilk. 161, 218 (1960)
- 23) RUTENFRANZ, J.: Entwicklung und Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Untersuchungen zur Standardisierung der Leistungsprüfung im Jugendalter. Bibliotheca Paediatrica, Fasc.82 Karger, Basel - New York 1964
- 24) RUTENFRANZ, J. und Th. HETTINGER: Untersuchungen über die Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung. Z. Kinderheilk. 83, 65 (1959)
- 25) RUTENFRANZ, J., R. HOCHE, Ch. HOCHE u. E. HOFMANN-KEILHACKER: Über den Aussagewert einiger ergometrischer Verfahren zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. I. Mitt.: Die Abhängigkeit der Meßwerte von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 20, 294 (1964)
- 26) RUTENFRANZ, J. und R. HOCHE: Über den Aussagewert einiger ergometrischer Verfahren zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. II. Mitt.: Vergleichende Untersuchungen über die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen mit verschiedenen ergometrischen Methoden. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 20, 316 (1964)
- 27) STERKY, G.: Diabetic schoolchildren. Acta paediat. (Stockh.) Suppl. 144, 1 (1963)

- 28) STERKY, G.: Physical work capacity in diabetic schoolchildren. Acta paediat. (Stockh.) 52, 1 (1963)
- 29) STRUWE, F.E.: Bewegungstherapie als Adjuvans in der Stoffwechselführung zuckerkranker Kinder; Beobachtungen aus einem Kinderferienlager. Arztl. Wschr. 14, 327 (1959)
- 30) STRUWE, F.E.: Das Stoffwechselverhalten kindlicher Diabetiker in Ferienlagern (Ein Beitrag zur Bewegungstherapie). Arch. Kinderheilk. 163, 35 (1961)
- 31) STRUWE, F.E.: Behandlung und Betreuung diabetischer Kinder. Med. Welt 50, 58 (1963)
- 32) WAHLUND, H.: Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardiopulmonary functional tests. Acta med. scand. 132, Suppl. 215 Zetterlund und Thelanders, Stockholm 1948

N a c h w o r t

Es ist mir ein besonderes Anliegen, Herrn Privatdozent Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung bei den Versuchen und bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse vielmals Dank zu sagen.

Seiner Magnifizenz Professor Dr. med. Gerhard Weber, Direktor der Pädiatrischen Poliklinik der Universität München danke ich für die Übernahme des Referates.

Den Herren Privatdozent Dr. H. Mehnert (Leiter der Diabetikerambulanz der Medizinischen Poliklinik der Universität München), Dr. W. Herzig (Diabetiker-Jugendhaus Hinrichsseggen) und Dr. A. Schaetz (Städtisches Kinderkrankenhaus München-Schwabing) danke ich herzlich für die Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen.

Herrn Dr. R. Hocke und Herrn R. Mocellin danke ich für die lebenswürdige Hilfe bei der Durchführung der ergometrischen Versuche.

L e b e n s l a u f

Am 4. August 1939 wurde ich als einziges Kind des Prüfmeisters Josef Bauer und seiner Ehefrau Maria, geb. Mayr, in Neuburg a.d. Donau geboren.

Die Volksschule besuchte ich vom Herbst 1945 bis Herbst 1950 in Marnbach (Kreis Weilheim i. OB.). Anschließend trat ich in die Oberrealschule in Weilheim ein, an der ich im Juni 1959 die Reifeprüfung ablegte.

Seit dem Wintersemester 1959/60 studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München Medizin. Die naturwissenschaftliche Vorprüfung legte ich nach zwei Semestern ab, die ärztliche Vorprüfung bestand ich nach fünf Semestern. Die klinischen Semester studierte ich in Innsbruck (Wintersemester 1962/63) und München und beendete das Staatsexamen am 29. Juni 1966.

